

Aus dem Institut für Strahlenbiologie und
Medizinische Isotopenanwendung
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. E.H. Gaul

MASCHINELLE BEARBEITUNG UND AUSWERTUNG
VON SCHILDDRÜSENSZINTIGRAMMEN MIT HILFE
EINER EDV-ANLAGE UNTER BESONDERER
BERÜCKSICHTIGUNG DER BESTIMMUNG DES
NULLEFFEKTES, DER FESTSTELLUNG DER
MITTELLINIE UND DER
ERMITTLUNG DES ORGANGEWICHTES

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von —

HANS DIETER MÖNNICH
—
aus Kirchhain

Marburg 1976
—

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg

Aus dem Institut für Strahlenbiologie und
Medizinische Isotopenanwendung
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. E.H. Graul

MASCHINELLE BEARBEITUNG UND AUSWERTUNG
VON SCHILDDRÜSENSZINTIGRAMMEN MIT HILFE
EINER EDV-ANLAGE UNTER BESONDERER
BERÜCKSICHTIGUNG DER BESTIMMUNG DES
NULLEFFEKTES, DER FESTSTELLUNG DER
MITTELLINIE UND DER
ERMITTLUNG DES ORGANGEWICHTES

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

HANS DIETER MÖNNICH
aus Kirchhain

Marburg 1976

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg



Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin
der Universität Marburg am 11. Juni 1976

gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches

Dekan: Prof. Dr. med. H. Oepen

Referent: Prof. Dr. rer. nat. A. Habermehl

Coreferent: Prof. Dr. med. K. Joseph

Inhaltsverzeichnis :

- I. Einleitung
 1. Einführung und Einsatz von Radionukliden
 2. Entwicklung der Lokalisationsdiagnostik
 3. Möglichkeiten von EDV - Anlagen in der Lokalisationsdiagnostik
- II. Problemstellung
- III. Methodik
 1. Anlage zur Aufnahme und Weiterverarbeitung des Szintigrammes
 2. Verarbeitung der Datenmatrix im Rechner TR 4
 3. Die Schnelldruckerausgaben
- IV. Die Ermittlung des Nulleffektes
 1. Allgemeines und bisher benutztes Verfahren
 2. Neues Verfahren zur Bestimmung des Nulleffektes
 3. Vergleich der beiden Verfahren
- V. Die Festlegung der Mittellinie
 1. Allgemeines und bisher benutztes Verfahren
 2. Neuentwickeltes Verfahren zur Bestimmung der Mittellinie
 3. Einfügen des neuen Verfahrens in das vorhandene Auswerteprogramm
 4. Vergleich der beiden Verfahren
- VI. Bestimmung des Organgewichtes aus dem Szintigramm
 1. Verfahren zur Gewichtsbestimmung der Schilddrüse
 2. Automatische Gewichtsbestimmung durch einen Computer mit Hilfe eines speziellen Schilddrüsenauswerteprogrammes
 3. Ergebnisse
- VII. Vorschläge zur Weiterentwicklung des Schilddrüsenauswerteprogrammes

VIII. Zusammenfassung

IX. Literaturverzeichnis

X. Anhang

I. Einleitung :

1. Einführung und Einsatz von Radionukliden :

Die diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten in der Medizin wurden durch die Entwicklung und den Einsatz von Radiopharmaka wesentlich verbessert.

Radiopharmaka sind Verbindungen, die mit radioaktiven Nukliden markiert sind.

Die ersten biologischen Untersuchungen mit radioaktiven Isotopen führt VON HEVESY ³³ 1923 durch. HAMILTON ²⁷ berichtet im Jahre 1938 erstmals über die Anwendung des radioaktiven Jods (J 131) zur Beurteilung von Schilddrüsenerkrankungen. Im gleichen Jahr erscheinen Veröffentlichungen von HERTZ, ROBERTS und EVANS ³².

Weitere Fortschritte vermelden 1939 und 1940 HAMILTON und SOLEY ²⁸. 1931 wird von HAMILTON und LAWRENCE ²⁹ das Jod ¹³¹ zur Therapie bestimmter Formen der Hyperthyreose verwendet. Schwierigkeiten treten dabei insofern auf, als im erkrankten Gewebsbezirk ein nur schwer kontrollierbarer Stoffwechselumsatz herrscht.

DOERING ¹² berichtet 1956 über die mathematische Analyse der Dynamik des Jodstoffwechsels in der Schilddrüse.

HARPER, BECK, CHARLESTON und LATHROP ³⁰ berichten 1964 über ein neues Radionuklid. Es handelt sich um Technetium in der Form des Pertechnetats.

Technetium 99 m entsteht durch β - Zerfall aus Molybdän.

Injiziert man einem Menschen 99 mTc intravenös, so wird dieses Nuklid in der Schilddrüse sowie in verschiedenen anderen Organen angereichert. 30 bis 60 Minuten nach Injektion ist bei einer normal funktionierenden Schilddrüse soviel 99 mTc angereichert, daß man mit Hilfe eines Scanners die Aktivitätsverteilung zeilenweise messen und aufzeichnen kann.

Wegen der günstigen Halbwertszeit und wegen des physikalischen Verhaltens eignet sich dieses Nuklid gut in der nuklearmedizinischen Diagnostik. Durch Anwendung dieses kurzlebigen Nuklids kann nämlich die Strahlenbelastung des Patienten im Vergleich zu anderen Radionukliden verringert werden. Außerdem können Wiederholungsuntersuchungen in kurzen Zeitabständen durchgeführt werden. In der Schilddrüse verhält sich das Technetium - pertechnetat ähnlich wie Jodid.

Dies geht aus den Untersuchungen von HARPER, SMITH und MACAVEY ³⁶ hervor.

Die Arbeitsgruppen um HARPER ³⁰, WEBER ⁶², KUBA ⁴², BÖRNER ⁵, DEGROSSY ¹¹, HAAS ¹⁹ und DOERING ¹² kommen zu dem Schluß, daß 99 mTc den Jodnukliden überlegen ist. Das Technetiumpertechnetat weist gegenüber den bisher zur Schilddrüsenszintigraphie

verwendeten Radionukliden folgende Vorteile auf :

- a. die Strahlenbelastung ist geringer als bei den Jodnukliden
- b. es tritt keine β - Strahlung auf
- c. die Szintigraphie kann bereits eine Stunde nach Applikation des ^{99m}Tc durchgeführt werden
- d. Wiederholungsuntersuchungen sind in kurzen Zeitabständen möglich.

2. Die Entwicklung der Lokalisationsdiagnostik :

Die Möglichkeit radioaktiv markierte Substanzen in den menschlichen Körper einzuschleusen und ihre Aktivität messend zu verfolgen, stellt eine wesentliche Bereicherung der diagnostischen Möglichkeiten dar. Die in der Diagnostik zum Einsatz kommenden Substanzen sind in der Regel mit Gammastrahlern markiert. Nach Inkorporation des Radionuklids kann die Strahlung von außen mit verschiedenen Geräten gemessen werden. Zunächst standen zur Messung der Strahlung nur Szintillationszähler zur Verfügung. Mit diesen einfachen Apparaturen konnte jeweils nur an einem kleinen Organbezirk über eine bestimmte Zeit die Zahl der Impulse gemessen werden. Anschließend mußte aus vielen einzelnen Messungen mit der Hand das Bild der Aktivitätsverteilung aufgezeichnet werden.

Man war daher bestrebt, die Registrierung und Aufzeichnung der Meßwerte zu verbessern.

Man kann die nuklearmedizinische Diagnostik in zwei Gebiete unterteilen :

- a. Funktionsdiagnostik
- b. Lokalisationsdiagnostik.

Bei der Funktionsdiagnostik wird der zeitliche Verlauf der Aktivitätsanreicherung über dem zu

untersuchenden Organ messend verfolgt. Mit Hilfe der zu verschiedenen Zeiten gemessenen Aktivität können Aussagen über den Funktionszustand des Organs gemacht werden.

Aufgabe der Lokalisationsdiagnostik ist es Aussagen über Größe, Lage und Form des untersuchten Organs zu machen. Außerdem sollen eventuell vorhandene Speicherungsunterschiede innerhalb des Organs aufgedeckt werden.

Die nuklearmedizinische Diagnostik gewinnt insofern an Bedeutung, da sie in einigen Fällen die einzige Möglichkeit darstellt, die verschiedenen Krankheitsbilder differentialdiagnostisch abzuklären.

CASSEN⁸ berichtet 1951 erstmals über ein Gerät, das mit Hilfe einer beweglichen Meßsonde den gesamten zu untersuchenden Bereich mäanderförmig abfährt. Die Strahlenintensität über den verschiedenen Teilbereichen des Gesamtbeobachtungsareals wird gemessen und in Form von mehr oder weniger dichten Strichanhäufungen auf einem Raster dargestellt.

In den folgenden Jahren wurde versucht, mit Hilfe von Farbbändern die Lesbarkeit des Szintigrammes zu verbessern. Mit den Problemen der Farbszintigraphie beschäftigen sich zwischen 1959 und 1964

die Arbeitsgruppen um MAILAND ⁴⁷, KAKEHI ⁴⁰,
SPARCHEZ ⁵⁸, HINE ³⁵, WOLF ⁶⁸, OESER ⁵².

OESER, ERNST und RACH ⁵² berichten 1964 über die
Möglichkeit, ein Farbszintigramm mit acht ver-
schieden Farben zu erstellen. Dabei wird ein
Achtfarbband benutzt, das sich je nach Höhe der
gemessenen Impulsrate hin und her bewegt. Auf
diese Weise wird der zu untersuchende Aktivitäts-
bereich in Stufen zu jeweils 12,5 Prozent unter-
teilt.

ANGER ² berichtet 1958 über die Szintillations-
kamera. Es handelt sich dabei um ein Szinti-
graphiegerät mit feststehendem Detektor. Dieser
Detektor registriert simultan die Aktivitäts-
höhe im gesamten Beobachtungsbereich und stellt
sie lokalisationsrichtig auf einem Oszillo-
graphenschirm dar. Mit Hilfe einer aufgesetzten
Polaroidkamera können Serienaufnahmen angefertigt
werden. Durch die gleichzeitige Registrierung
der Aktivität über dem gesamten Untersuchungs-
feld wird die Untersuchungszeit erheblich ver-
kürzt. Mit Hilfe der angefertigten Serienauf-
nahmen können ferner Aussagen über den Funktions-
zustand des untersuchten Organs gemacht werden.
Über die heute bereits integrierten datenver-
arbeitenden Anlagen und die ANGER - Kamera wird
später berichtet werden.

ANGER und ROSENTHAL ³ berichten 1959 über die Positronenkamera, BENDER und BLAU ⁴ 1960 über das Autofluoroscop.

Bei der Erstellung von Szintigrammen fällt eine große Anzahl von Meßdaten an, die lange Zeit lediglich dazu benutzt wurde zwei- oder mehrfarbige Szintigramme zu erstellen. Dabei wurde aber die ursprünglich vorhandene Information nur zum Teil verwertet. Außerdem wurden die anfallenden Meßdaten nicht gegen Verlust geschützt. Es lag daher nahe, die anfallenden Daten auf Lochstreifen und / oder Magnetbändern zu speichern. Anschließend ist dann mit Hilfe einer datenverarbeitenden Anlage die rechnerische Auswertung der Daten möglich.

3. Möglichkeiten von EDV - Anlagen in der

Lokalisationsdiagnostik :

Praktisch alle in der nuklearmedizinischen Diagnostik anfallenden Meßwerte müssen in irgend - einer Weise rechnerisch bearbeitet werden. Für diese Arbeiten lassen sich sehr gut datenver - arbeitende Anlagen einsetzen, da so die zahl - reichen erforderlichen Rechenvorgänge in sehr kurzer Zeit ausgeführt werden können. Prinzipiell können die Daten auf zwei Arten in den Rechner eingegeben werden.

Entweder werden die anfallenden Daten vom Scanner oder der ANGER - Kamera direkt in den Rechner übernommen oder sie werden zunächst auf Loch - streifen oder Magnetbändern gespeichert und dann in den Rechner eingelesen.

MACINTYRE und HOUSER ⁴⁴ berichten 1957 erst - mals über die Speicherung der Basisinformation eines Szintigrammes mit Hilfe eines Magnet - bandes.

SCHEPERS ⁵⁵ und WINKLER ^{55,66,67} beschäftigen sich seit 1964 vornehmlich mit der Speicherung der Daten auf Magnetband. Durch die Aufzeichnung auf Magnetbändern sind die Daten vor Verlust geschützt und können anschließend mit Hilfe speziell entwickelter Programme ausgewertet werden.

Über ein solches spezielles Auswerteprogramm berichtet WINKLER ^{66,67} im Jahre 1967. Dieses Programm soll kurz beschrieben werden.

Die Szintigraphie der Bauchspeicheldrüse wird mit ⁷⁵Se - Methionin durchgeführt. Dieses Radionuklid wird aber auch in der Leber angereichert. Es gibt nun zahlreiche Krankheitsbilder, bei denen sich Leber und Bauchspeicheldrüse überlagern, sodaß eine genaue Beurteilung der Bauchspeicheldrüse nicht möglich ist. Es wird daher dem Patienten zusätzlich ¹⁹⁸Au - Kolloid injiziert. Dieses Radionuklid wird ebenfalls in der Leber jedoch nicht in der Bauchspeicheldrüse angereichert. Anschließend erfolgt die simultane Messung der Radiogold- und Radioselenverteilung. Die von den beiden Testisotopen stammenden Impulse werden spektrometrisch selektioniert und die entsprechenden Impulsraten im Rechner gespeichert. Anschließend werden die Impulsraten der ¹⁹⁸Au - Gruppe von denen der ⁷⁵Se - Gruppe subtrahiert. Man erhält so eine Darstellung der Bauchspeicheldrüse, die nun nicht mehr von Lebergewebe überlagert ist.

Diese Art der Szintigraphie kann jedoch nur mit Hilfe datenverarbeitender Anlagen durchgeführt werden.

Ähnlich wie HUNDESHAGEN ^{38,39} (1967) beschäftigen sich auch BÖRNER und MOLL ⁶ (1966) mit der Kernspeicherszintigraphie.

HUNDESHAGEN ^{38,39} berichtet über den Einsatz eines Magnetband - Magnetkernspeichersystems. Der Vorteil dieses Systems besteht darin, daß an verschiedenen Meßplätzen gleichzeitig Untersuchungen durchgeführt werden können. Die anfallenden Meßwerte werden auf Magnetbändern gespeichert und anschließend in der Auswertezentrale in einen 4096 - Kanalspeicher eingegeben und weiterverarbeitet.

Ähnliche Versuchsanordnungen werden von BROWN ⁷, CHARLESTON ¹⁰ (1964), HÖFER ³⁶ und KOZAK ³⁶ (1968) erprobt.

1968 schließt HEISS ³¹ einen Computer an eine ANGER - Kamera an. HABERMEHL, EISENHAUER, JOSEPH und GRAUL ^{20,21,22} berichten 1969 über Möglichkeiten zur Verbesserung der Lesbarkeit von Szintigrammen mit Hilfe der DVA.

Die Programme zur automatischen Auswertung der gespeicherten Information müssen die speziell auftretenden Probleme bei den einzelnen Organen berücksichtigen. So bereiten zum Beispiel die Aufteilung des Organs in zwei Hälften und die Überlagerung durch andere Organe Schwierigkeiten.

Prinzipiell sind die einzelnen Programme in ihrem Grundaufbau ähnlich. Das Prinzip sei an einem von SCHOPKA ⁵⁶ (1968) zur Lungenszintigraphie entwickelten Programm aufgezeigt. Das Programm besteht aus folgenden Hauptteilen :

- a. Steuerwerte und Dateneingabe
- b. Berechnen und Ausdrucken der Datenmatrix
- c. Markieren und Aufsummieren von Teil - bereichen.

Mit Problemen behaftet ist die Bestimmung des Nulleffektes und das Auffinden der Mitte bei paarigen Organen. Als Nulleffekt definiert SCHOPKA ⁵⁶ den Zahlenwert, der am häufigsten in der Datenmatrix vorkommt. Dabei wird der Wert Null nicht mit berücksichtigt. Zum Auffinden der Mitte wird die Spaltensumme der Datenmatrix gebildet. Stellt man diese graphisch dar, so erhält man einen Kurvenzug, der zwei Maxima aufweist. Zwischen diesen beiden Maxima befindet sich ein Minimum. Innerhalb der beiden Maxima wird das Minimum gesucht und die dazugehörigen Koordinaten bestimmt. Dies ist nach SCHOPKA die Koordinate der Mitte.

Bei der Betrachtung von Szintigrammen ist die Erkennung von Aktivitätsunterschieden häufig recht schwierig. Dies ist besonders dann der Fall, wenn kalte oder heiße Bereiche vorhanden sind.

Kalte Bezirke sind Gewebsabschnitte, die nur wenig Aktivität aufweisen. Als heiße Bezirke imponieren Gewebsabschnitte, die besonders viel Aktivität aufweisen. Durch den Einsatz daten - verarbeitender Anlagen können diese Bezirke oft besser sichtbar gemacht werden.

Spezielle Programme zur Schilddrüsendiagnostik entwickeln EVANS und SWEENEY ¹⁷ (1967), CURTIS, CHRISTIE und MACINTYRE ⁴⁵ (1967). HABERMEHL, JOSEPH, EISENHAUER und GRAUL ^{23,24,25} berichten 1970 über die Möglichkeit des Einsatzes eines Computers zur Aufnahme - und Ausgabesteuerung von Schilddrüsenszintigrammen.

II. Problemstellung :

Der Einsatz datenverarbeitender Anlagen in der nuklearmedizinischen Diagnostik hat sich sehr bewährt. Es sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, diese Anlagen bei der Auswertung von Schilddrüsenszintigrammen einzusetzen. Dazu mußte zunächst ein Programm entwickelt werden, das die vom Scanner kommende Information aufzeichnet und anschließend optimal auswertet. Dadurch soll die Diagnostik der Schilddrüsenveränderungen erleichtert werden. Dabei werden folgende Forderungen an Verfahren und Anlage gestellt :

1. Die Anlage soll einfach zu bedienen sein.
2. Charakteristische Größen der Schilddrüsendiagnostik sollen automatisch ermittelt werden.
3. Der Nulleffekt soll automatisch bestimmt werden. Das zunächst angewandte Verfahren zur Bestimmung des Nulleffektes orientierte sich am mittleren Zelleninhalt. Dabei traten gelegentlich Fälle auf, in denen ein falscher Nulleffekt subtrahiert wurde. Es soll nach einer neuen Methode gesucht werden.
4. Es soll eine Methode entwickelt werden, die automatisch die Mittellinie der

Schilddrüse bestimmt. Das von SCHOPKA⁵⁶ zur Lungenszintigraphie erarbeitete Verfahren läßt sich nicht erfolgreich auf die Auswertung von Schilddrüsenszintigrammen übertragen. Dies ist in der großen Zahl der möglichen Schilddrüsenveränderungen begründet. So kann zum Beispiel ein vorhandener Lobus pyramidalis die Bestimmung der Mittellinie mit Hilfe des von SCHOPKA entwickelten Verfahrens zum Scheitern bringen.

5. Zur Behandlung bestimmter Schilddrüsenerkrankungen ist die Bestimmung des Gewichtes erforderlich. Die verschiedenen bekannten Verfahren sollen miteinander verglichen werden. Ferner soll geprüft werden, ob diese Methoden auch bei der Auswertung von Szintigrammen mittels DVA eingesetzt werden können.
6. Es sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, die die Auswertung der Szintigramme noch weiter verbessern.

Die Gesamtanlage zur Übernahme und Auswertung der Schilddrüsenszintigramme besteht aus :

- a. dem Picker - Magna - Scanner - V
- b. dem Digitalrechner PDP 8 / S
- c. den peripheren Geräten für Ein- und Ausgabe
- d. den Interface - Elektroniken zur Verbindung der verschiedenen Anlageteile
- e. dem Sichtgerät
- f. dem Digital / Analo - Wandler.

Diese Anlage wurde durch die Entwicklung geeigneter Interface - Elektroniken und eines als BSC 3 bezeichneten Aufnahme- und Auswerteprogrammes durch HABERMEHL, EISENHAUER, JOSEPH und GRAUL 15,20,21,22,23 betriebsbereit. Diese Anlage gewährleistet die Speicherung und Auswertung der Meßdaten.

Die Aufnahme des Szintigrammes erfolgt in konventioneller Weise. Nach dem Start des Rechners müssen zunächst über den Teletypewriter einige Daten eingegeben werden. In Abb. 2 ist ein Originalprotokoll, wie es der Teletypewriter ausgibt, dargestellt.

Zunächst wird der Name des Patienten angefordert. Es folgen das Datum, an dem das Szintigramm aufgenommen wurde. Außerdem wird der Name des behandelnden Arztes angegeben. Zusätzlich werden Art und Menge des verwendeten Nuklids sowie die

Zeit nach Applikation des Nuklids registriert.
Es folgen Daten über die Scannereinstellung wie
Scangeschwindigkeit (V), Zeilenabstand (D),
Länge (L) und Breite (B) des Szintigrammes.
Unter Bemerkungen (BEM.) können weitere Einzel -
heiten wie Suppressionstest, Stimulation, Zustand
nach Operation eingegeben und zusammen mit den
übrigen Daten in den Rechner übernommen werden.
Sind diese Daten eingegeben, läuft der Scan in
üblicher Weise ab. Die Bedienung der Anlage be -
reitet keine Schwierigkeiten.

SCHILDDRÜSEN-SZINTIGRAMM-AUFNAHME

PAT.: BERNSHAUSEN,K;
DAT.: 2.7.70;
DR.: JOSEPH;
NUKL.: 99 M TC;
MENGE: 420 U CI;
ZT.N.APP.: 0.75 H;
V = 028
D = 024
L = 009
B = 011
BEM.: KEINE;

Abb.2 Originalprotokoll der einzugebenden Daten
vor Aufnahme eines Szintigrammes

Die beschriebene Anlage kann im On - line -
Betrieb arbeiten. Es besteht jedoch auch die
Möglichkeit, die ausgegebenen Lochstreifen
in einer größeren EDV - Anlage weiter zu bearbeiten.

Der On - line - Betrieb :

Nach Übernahme der Szintigrammdaten in den Rechner und nach Durchführung vorbereitender Rechnungen geht der Rechner in eine Warteschleife. Er erwartet nun weitere Befehle über den Teletypewriter. Bei diesen Befehlen handelt es sich um Codewörter, die jeweils aus vier Buchstaben bestehen. Ist der vierte Buchstabe eingegeben, beginnt automatisch das gewählte Wiedergabeprogramm zur Darstellung des aufgenommenen Szintigrammes.

Prinzipiell kann zwischen zwei Wiedergabearten gewählt werden :

- a. Ausgabe über das Sichtgerät (Die Codewörter beginnen mit dem Buchstaben S.)
- b. Druckausgaben über den Teletypewriter (Die Codewörter beginnen mit dem Buchstaben F.)

Ausgaben am Sichtgerät :

Programm SSWE :Es werden alle Zellen auf dem Sicht -
gerät dargestellt, deren Inhalt über
einer bestimmten Schwelle liegt.

Programm SASW :Es erfolgt die Darstellung aller
Werte, die über einer Schwelle liegen. Die An -
hebung der Schwelle wird automatisch durchgeführt.
Ein solcher Bilderzyklus ist in Abb. 3 dargestellt.
Das Programm läuft solange, bis es über den Tele -
typewriter gestoppt wird.

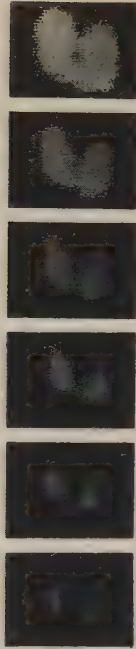


Abb. 3 Auf dem Sichtgerät in der Darstellungs -
weise SASW ablaufender Bilderzyklus

Programm SHSL : Zur Darstellung kommen Höhenschicht-
linien. Zunächst werden alle Punkte, die den
gleichen Zelleninhalt haben und zwischen zwei
Grenzwerten liegen, markiert. Die Punkte, die
den nächst höheren oder tieferen Wert haben, der
ebenfalls zwischen zwei Grenzen liegt, werden
nicht markiert. Das nächst höhere Intervall
wird wieder markiert. Die Intervallhöhe ist
vorher im Programm festgelegt. Anschließend
erfolgt die Darstellung auf dem Sichtgerät.

Programm SISO : Mit Hilfe dieses Programmes kann die Aktivitätsverteilung der verschiedenen Scanzeilen auf dem Sichtgerät dargestellt werden. Die Auswahl der zur Darstellung kommenden Scanzeile erfolgt über den Teletype - writer.

Druckausgaben über den Fernschreiber :

Die Ausgabe eines Szintigrammes über den Teletype - writer ist komplizierter als über das Sichtgerät. Das Vorgehen bei der Ausgabe der F - Programme ist jedoch ähnlich. Folgende Programme stehen zur Auswahl :

Programm FSWE : Darstellung der Werte über einer vorher festgelegten Schwelle.

Programm FVZE : Darstellung des Szintigrammes mit Hilfe verschiedener Zeichen.

Programm FHSL : Darstellung von Höhenschichtlinien. Da die Ausgabe über den Teletypewriter relativ viel Zeit in Anspruch nimmt, ist sie für den Routine - betrieb nicht geeignet.

Parallel zur Übernahme der Meßdaten in den Rechner PDP 8 / S werden die Daten auch über den Lochstreifenstanzer des Teletypewriters auf Lochstreifen ausgegeben. Mit Hilfe eines besonderen Programmes werden die Lochstreifen in den Großrechner TR 4 eingelesen, ausgewertet und jeweils ein Satz Schnelldruckerausgaben erstellt.

Über die Bearbeitung der Lochstreifen wird in den nächsten Kapiteln berichtet.

Die Informationen des Szintigrammes, die auf den Lochstreifen festgehalten sind, können einer größeren datenverarbeitenden Anlage zugeführt werden.

Die Auswertung erfolgt dann im Off - line - Betrieb.

In Abb. 4 sind die Ausgabemöglichkeiten von Szintigrammen mit dem Laborrechner (On - line - Betrieb) und der Großrechenanlage TR 4 (Off - line - Betrieb) dargestellt.

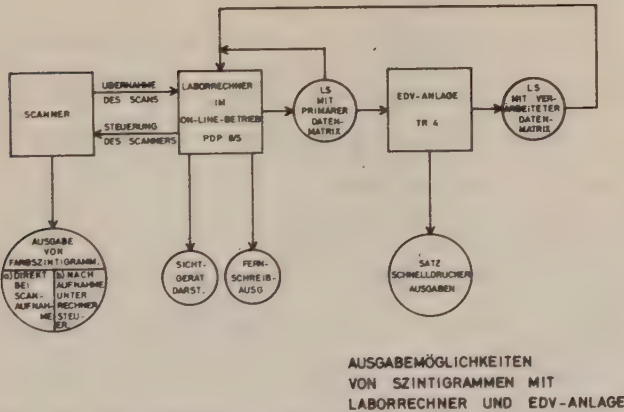


Abb. 4 Ausgabemöglichkeiten von Szintigrammen mit einem Laborrechner und einer Großrechneranlage

2. Verarbeitung der Datenmatrix im Rechner TR 4 :

In der Rechenanlage TR 4 wird die Bearbeitung der Datenmatrix, die großen Speicherbedarf und hohe Arbeitsgeschwindigkeit verlangt, durchgeführt.

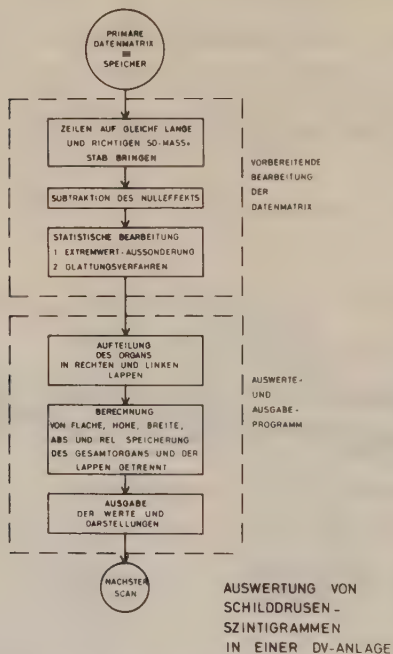


Abb. 5 Auswertung von Schilddrüsenszinti -
grammen in der Rechenanlage TR 4

Abb. 5 zeigt das Blockscheema für die Bearbeitung und Auswertung der Schilddrüsenszintigramme. Die vorbereitende Bearbeitung der Datenmatrix ist für alle Szintigramme gleich. Das Auswerte- und Aus -

gabeprogramm ist speziell für die Bearbeitung von Schilddrüsenszintigrammen entwickelt worden.

Da der Kollimatorkopf des Scanners erfahrungsgemäß einen ungleichmäßigen Lauf hat, müssen zunächst alle Zeilen des Szintigrammes auf die gleiche Länge gebracht werden. Durch eine Formattransformation wird das Seitenverhältnis der Einzelzelle entsprechend der Buchstabengröße des Schnelldruckers verändert.

Die statistische Bearbeitung der Datenmatrix führt zur Verbesserung der Lesbarkeit des Szintigrammes. Dabei wird von allen Elementen zunächst der Null-effekt abgezogen. Dieser Wert richtet sich nach dem mittleren Zelleninhalt der Datenmatrix. Welche Schwierigkeiten mit der Bestimmung des Nulleffektes verbunden sind, wird später erläutert werden.

Anschließend wird die Extremwertausschaltung und Glättung der Matrix durchgeführt. Dabei wird für jedes Zahlenelement geprüft, ob es größer oder kleiner als der Mittelwert der benachbarten acht Elemente plus beziehungsweise minus Standardabweichung ist. Ergibt sich nun ein signifikanter Unterschied zu den angrenzenden Werten, so wird dieses Element verworfen und durch den Mittelwert der angrenzenden Elemente ersetzt. Auf diese Art und Weise können Meßwerte, die nicht wahrscheinlich sind, eliminiert werden.

Nach Ausschaltung der Extremwerte wird die Matrix geglättet. Ziel der Glättung ist es, Schwankungen verschiedener Ursache bei der Aufnahme des Szintigrammes zu beseitigen. Im Glättungsverfahren werden die Art des Kollimators, der Abstand des Kollimators vom untersuchten Objekt sowie die Art des verwendeten Nuklids berücksichtigt.

Das sich anschließende spezielle Schilddrüsenauswerteprogramm beginnt mit der Aufteilung des Organs in den rechten und linken Lappen. Danach werden Höhe, Breite und Fläche des Gesamtorgans sowie der beiden Schilddrüsenlappen berechnet. Durch Summation der Aktivität in den einzelnen Zellen erhält man die Gesamtspeicherung des Organs. Daraus läßt sich die Speicherung in den einzelnen Schilddrüsenlappen berechnen.

Nachdem alle diese Daten bestimmt sind, erfolgen die Ausgabe der Werte und die verschiedenen Darstellungsformen des Szintigrammes über den Schnelldrucker.

3. Die Schnelldruckerausgaben :

Die Schnelldruckerausgaben bestehen aus sieben Teilen mit insgesamt elf Seiten.

- a. Titelseite : Hier steht der Name des Patienten, das Datum der Szintigrammaufnahme, die Art und Menge des verwendeten Nuklids sowie der Name des behandelnden Arztes.

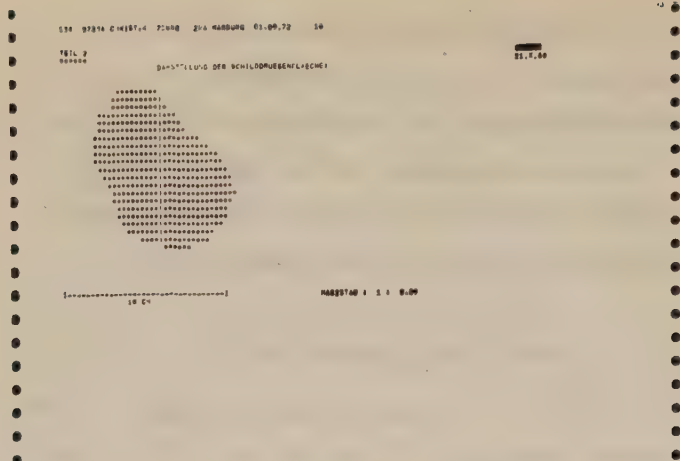


Abb. 7 Darstellung der Schilddrüsenfläche mit der vom Rechner bestimmten Mittellinie

d. Teil III Szintigramm Daten : Teil III der Schnell - druckerausgaben besteht aus drei Abschnitten.

In Abschnitt A werden die Aufnahmedaten des Szintigrammes ausgedruckt. Dazu gehören : Isotop, Menge des Radionuklids, Scangeschwindigkeit, Zeilenabstand, Scanlänge und Scanbreite.

Unter B werden im Unterabschnitt I Daten über die Form der Matrix aufgeführt. Danach folgen unter II die mit Hilfe des Auswerteprogrammes ermittelte Fläche des rechten und linken Schilddrüsenlappens sowie die Gesamtfläche des Organs. Weiterhin werden Aussagen über Höhe und Breite des Gesamtorgans und der beiden Schilddrüsenlappen gemacht.

10 720A CHLIST.K 115V5 78A LABING 21.08.72 32

TEIL 3

SZINTIGRAMM-DATEN

21.8.69

4. AUFNAHME-DATEN

1. ISO TOP: 98-TC
2. DOSIS: 38-TC
3. SCANNESCHNelligkeit: 28 CM/MIN
4. ZFLENSSTAND: 28 CM/10
5. SCANNEN-ART: 1 CM
6. SCANNEN-WEITE: 1 CM
7. KOLLIMATORABSTAND: 2 CM

8. SZINTIGRAMM-DATEN

1. FORM DER MATRIX

1. GESAMTZELLENZAHL DES SZINTIGRAMMES: 966
2. ZELLENZAHL UND ZELLENZAHL DES SZINTIGRAMMES: 23
3. ZELLENZAHL UND ZELLENZAHL DES SZINTIGRAMMES: 42
4. KATALITER ZELLENINHALT: 10
5. MITTLERER ZELLENINHALT: 12

11. INHALT DER MATRIX

1. GESAMTSPEICHERUNG: 10.082 IMPULSE
2. SPEZIF. SPEICHERUNG: 142 IMPULSE/CM
3. SPEZ. BEZUGS. SPEICHERUNG: 0.36 IMP/CM²MMCI
4. HÖHE NORMAL (BEZUGL.) 10.76 CM
5. BREITE NORMAL (BEZUGL.) 8.89 CM
6. FLÄCHE 71.05 CM²
7. GEWICHT
A.) NACH GOODWIN 245.97 G
B.) NACH GORDON 195.23 G
C.) MITTELWERT DER OBLIQUE 250.40 G

C. MERKUNG

1. DER RECHTE LAPPEL IST OBERNEUER DER NORM (12.5 DCM) UM 146.14 % VERGRÖßERT
2. DER LINKE LAPPEL IST OBERNEUER DER NORM (12.5 DCM) UM 202.24 % VERGRÖßERT
3. DAS GESAMTOrgan IST OBERNEUER DER NORM (25 DCM) UM 184.19 % VERGRÖßERT
4. DIE ABSOLUTE SPEICHERUNG IM LINKEN LAPPEL IST 27.94 % GRÖßER ALS DIE ABSOLUTE SPEICHERUNG IM RECHTEN LAPPEL
5. DIE SPEZIFISCHE SPEICHERUNG IM LINKEN LAPPEL IST 9.32 % GRÖßER ALS DIE SPEZIFISCHE SPEICHERUNG IM RECHTEN LAPPEL

RECHTER LAPPEL
4.376 IMPULSE
5.487 IMPULSE
0.37 IMP/CM²MMCI
0.37 IMP/CM²MMCI
4.94 ± 0.64
10.76 CM
8.89 CM
4.29 CH
37.78 CH
130.98 G
130.98 G
130.98 G

LINKER LAPPEL
4.376 IMPULSE
5.487 IMPULSE
0.37 IMP/CM²MMCI
0.37 IMP/CM²MMCI
4.94 ± 0.64
10.76 CM
8.89 CM
4.29 CH
37.78 CH
130.98 G
130.98 G
130.98 G

Abb. 8 Schnelldruckerausgabe mit den durch das Auswerteprogramm ermittelten Scandaten

Außerdem wird die Gesamtspeicherung, die spezifische Speicherung und die spezifisch bezogene Speicherung in Impulsen angegeben. Zur besseren Orientierung werden für Höhe, Breite und Fläche die Normalwerte (nach WEGELIN ⁶³) mit ausgedruckt. Ferner werden in diesem Abschnitt Aussagen über das Gewicht der Schilddrüse gemacht.

In Abschnitt C werden Aussagen über das Verhältnis von

1. Größe

2. absoluter Speicherung

3. spezifischer Speicherung

von linkem und rechtem Schilddrüsenlappen gegen - über der Norm gemacht.

In Teil III der Schnelldruckerausgaben (Abb. 8) werden so übersichtlich die für Schilddrüsenver - änderungen interessanten Daten zusammengestellt.

e. Teil IV Schwellendarstellung : Teil IV der Schnell - druckerausgaben enthält drei verschiedene Schwellen - darstellungen der Schilddrüse. In Teil A (Abb. 9) werden alle Bezirke dargestellt, deren Aktivität über dem Mittelwert liegt. In Teil B (Abb. 10) werden die Anteile der Schilddrüse hervorgehoben, die mehr als den 1,5 - fachen Mittelwert speichern. In Teil C (Abb. 11) werden die 5 Prozent der Schilddrüsenfläche abgebildet, die die höchste Aktivität haben.

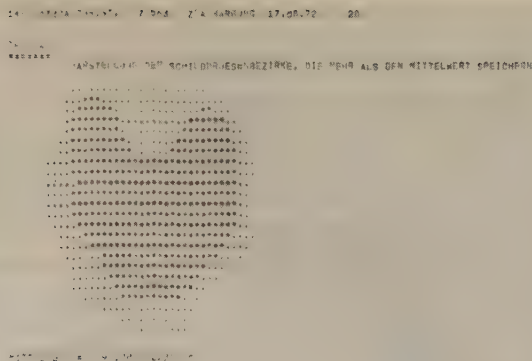


Abb. 9 Darstellung der Schilddrüsenbezirke, die mehr als den Mittelwert speichern

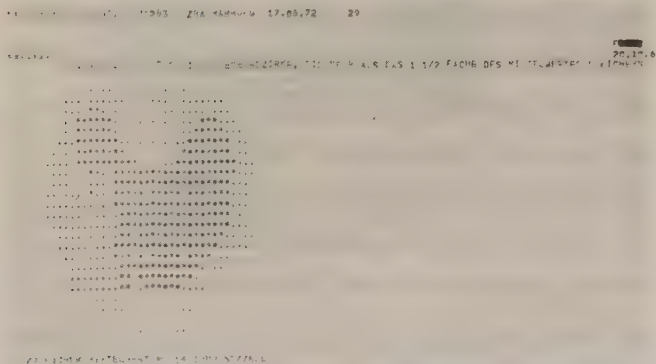


Abb. 10 Darstellung der Schilddrüsenbezirke, die mehr als den 1,5 - fachen Mittelwert speichern

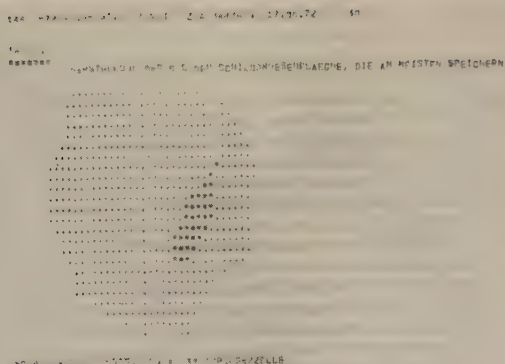


Abb. 11 Darstellung der 5 Prozent der Schilddrüsenfläche, die am meisten speichern

- f. Teil V Spezielle Darstellung : Teil V enthält eine spezielle Darstellungsweise. Zur Darstellung der verschiedenen Aktivitätsstufen werden fünf verschiedene Druckzeichen verwendet.
- g. Teil VI Zifferndarstellung der absoluten Aktivität: In Teil VI wird die absolute Aktivität in zehn Stufen dargestellt. Für die verschiedenen Impulsraten werden die Ziffern 0 bis 9 verwendet. Unter der Darstellung findet sich eine Tabelle in der die Impulsraten, die den einzelnen Ziffern zugeordnet sind, ausgedruckt werden (Abb. 12).
- h. Teil VII : Auf den beiden letzten Seiten findet man die in Teil I und Teil III schon beschriebene -

IV. Die Bestimmung des Nulleffektes :

1. Allgemeines und bisher benutztes Verfahren :

Bei der Erstellung des Programmes zur automatischen Auswertung von Schilddrüsenszintigrammen stellte sich heraus, daß die Bestimmung des Nulleffektes mit Schwierigkeiten verbunden ist.

Injiziert man einem Menschen 99^{mTc} , so wird das Technetiumpertechnetat nicht nur in der Schilddrüse angereichert. Auch im zirkulierenden Blut sowie in verschiedenen anderen Organen ist immer noch eine gewisse Menge 99^{mTc} vorhanden. Man wird daher auch in der Umgebung der Schilddrüse noch eine bestimmte Untergrundstrahlung messen können. Diese sogenannte Untergrundstrahlung muß unterdrückt werden, um eine scharfe Abgrenzung der Schilddrüse gegenüber der Umgebung zu erreichen. Dazu wird von allen Elementen der Datenmatrix die Höhe dieser Untergrundaktivität abgezogen.

Bei dem zunächst angewandten Verfahren richtete sich die Höhe dieses Wertes nach dem mittleren Zelleninhalt. Die Brauchbarkeit des Verfahrens wurde durch Untersuchungen an einer größeren Anzahl von Schilddrüsenszintigrammen geprüft. Da es sich jedoch um eine statistische Abhängigkeit des Nulleffektes vom mittleren Zelleninhalt handelte, traten bei dem Verfahren noch Fälle auf,

wo ein falscher Nulleffekt subtrahiert wird. Dadurch wurde zwangsläufig im weiteren Programmablauf eine schlechte Darstellung der Schilddrüsenszintigramme hervorgerufen.

Abb. 13 zeigt die Darstellung der Schilddrüsenfläche nach Subtraktion des Nulleffektes. In diesem Fall wurde der Nulleffekt mit Hilfe des zunächst angewandten Verfahrens richtig bestimmt.

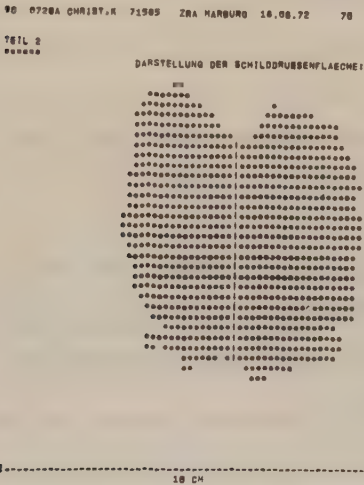


Abb. 13 Darstellung der richtig ermittelten Schilddrüsenfläche mit Hilfe des zunächst angewandten Verfahrens

Abb. 14 zeigt eine fehlerhafte Darstellung der Schilddrüse durch Annahme eines zu niedrigen Nulleffektes.

2. Neues Verfahren zur Bestimmung des Nulleffektes:

Zur Überwindung der bei der Bestimmung des Null - effektes aufgetretenen Schwierigkeiten wurden die Schnelldruckerausgaben mit den Originalszinti - grammen verglichen. Dabei ergab sich folgendes :

Bei der Einstellung der oberen und seitlichen Begrenzung der Scanfläche werden Grenzen gewählt, die mit großer Wahrscheinlichkeit außerhalb des zu untersuchenden Organs liegen. Damit wird gewährleistet, daß die gesamte Fläche über der Schilddrüse vom Kollimatorkopf auch dann abgetastet wird, wenn der Palpationsbefund mit dem tatsächlichen Organbefund nicht übereinstimmt. Bei dieser Art der Einstellung befinden sich in den Ecken der eingestellten Scanfläche Bezirke, in denen kein Schilddrüsengewebe ist. Die in diesem Bereich gemessene Aktivität entspricht der Untergrundstrahlung (background). Die Impulshöhe der Untergrundaktivität muß von allen anderen Meßwerten subtrahiert werden.

Das zunächst zur Auswertung benutzte Programm wurde daraufhin geändert. In der rechten und linken oberen und unteren Ecke der eingestellten Scanfläche wurden die Impulse von sieben Zeilen und sieben Spalten aufsummiert. Es wurden als zur Bestimmung des Nulleffektes 196 Zellen der Datenmatrix $4 \times (7 \times 7)$ berücksichtigt. Aus der Impulssumme

dieser 196 Zellen wurde anschließend der Mittelwert der Impulshöhe für eine Zelle errechnet.

Der so ermittelte Wert entspricht der Untergrundaktivität einer Zelle und wird anschließend von allen Elementen der Datenmatrix subtrahiert.

Abb. 15 zeigt schematisch die zur Bestimmung des Nulleffektes berücksichtigten Teilflächen der Gesamtscanfläche.

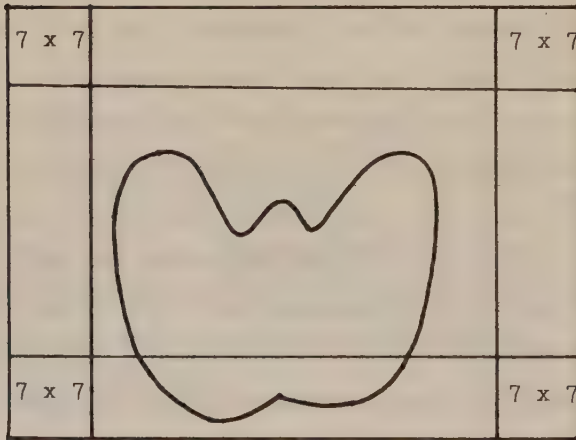


Abb. 15 Schematische Darstellung der zur Bestimmung des Nulleffektes berücksichtigten Teilflächen der Gesamtscanfläche

3. Vergleich der beiden Verfahren :

Mit dem zunächst entwickelten Programm wurden 142 Schilddrüsenszintigramme ausgewertet. Dabei fiel auf, daß in 23 Fällen der Nulleffekt nicht optimal ermittelt worden war. Anschließend wurde das neue Verfahren erprobt.

Die beiden Verfahren sollen an Hand von drei Fällen erläutert werden.

Abb. 16 und Abb. 17 zeigen die Auswertung des Schilddrüsenszintigrammes eines 65 - jährigen Patienten. Der rechte Schilddrüsenlappen ist gegenüber der Norm vergrößert. Der Schilddrüsen-isthmus ist nicht sicher zu erkennen. Abb. 16 zeigt die Auswertung und Bestimmung des Null - effektes mit Hilfe des alten Verfahrens. Man erkennt deutlich, daß der Nulleffekt zu niedrig bestimmt wurde. Außerdem fällt auf, daß die Mittellinie nicht richtig bestimmt wurde. Darauf wird später noch näher eingegangen.

Abb. 17 zeigt die Auswertung des gleichen Szintigrammes mit Hilfe des neuen Verfahrens. Nun ist sowohl der Nulleffekt als auch die Mittel - linie richtig bestimmt.

Zur besseren Orientierung ist unter den Abbildungen jeweils eine Strecke von 10 Zentimetern einge - zeichnet.

Abb. 18 und Abb. 19 zeigen das Schilddrüsen -
szintigramm einer 55 - jährigen Patientin, bei
der eine euthyreote Struma colli diffusa diag -
nostiziert wurde.



Abb. 18 Fehlerhafte Darstellung der Schilddrüsen -
fläche mit Hilfe des alten Verfahrens

Auf beiden Abbildungen erkennt man in der rechten
und linken oberen Ecke Aktivitätsanreicherungen.
Hierbei handelt es sich um die Anreicherung des
 99 mTc in den Unterkieferspeicheldrüsen. Da bei
dem neuen Verfahren (Abb. 19) die Aktivität in



Abb. 19 Fehlerhafte Darstellung der Schilddrüsen -
fläche mit Hilfe des neuen Verfahrens
den Eckbezirken der Gesamtscanfläche zur Be -
stimmung des Nulleffektes herangezogen wird,
führt die Überlagerung dieser Bezirke durch die
Unterkieferspeicheldrüsen zwangsläufig zur Fehl -
bestimmung des Nulleffektes.

Es ist daher zu Überlegen, ob man sich bei der
Messung der Untergrundaktivität auf die rechte
und linke untere Ecke der Scanfläche beschränkt.
Dadurch wären Fehlbestimmungen des Nulleffektes
durch Aktivitätsanreicherung des 99^{m}Tc in den
Unterkieferspeicheldrüsen ausgeschlossen.

Abb. 20 und Abb. 21 zeigen das Schilddrüsen -
szintigramm einer 15 - jährigen Patientin.



Abb. 20 Fehlerhafte Darstellung der Schilddrüsen-
fläche durch Annahme eines zu niedrigen
Nulleffektes

Auf Abb. 20 ist die Schilddrüse praktisch nicht
zu erkennen. Abb.21 zeigt die Auswertung des
Schilddrüsen-szintigrammes mit Hilfe des neuen
Verfahrens. Der Nulleffekt ist nun richtig bestimmt.
Die Anwendung des neuen Verfahrens zur Bestimmung
des Nulleffektes hat sich bewährt. Bei der Aus -

7. März 1968 für Mithras 14.00.72 44

TEIL 2

Darstellung der Schilddrüsenscannfläche



10 cm

Abb. 21 Anwendung des neuen Verfahrens. Darstellung der Schilddrüsenfläche mit richtig ermitteltem Nulleffekt.

wertung von 142 Schilddrüsenszintigrammen wurde lediglich in drei Fällen der Nulleffekt nicht richtig bestimmt. Schwierigkeiten treten bei dem neuen Verfahren nur dann auf, wenn die Begrenzung der Scanfläche zu eng gewählt wird, da dann in den zur Nulleffektbestimmung ausgewählten Scanfeldabschnitten bereits Schilddrüsengewebe vorhanden sein kann. Bei dem neuen Verfahren konnte die Ursache der Fehlbestimmung des Nulleffektes in zwei Fällen nicht geklärt werden. Im dritten Fall ist die Fehlbestimmung auf die Überlagerung der Eckfelder durch die Unterkieferspeicheldrüsen zurückzuführen.

V. Die Festlegung der Mittellinie :

1. Allgemeines und bisher benutztes Verfahren :

Die Bestimmung von Fläche, Gewicht und Speicher -
vermögen der einzelnen Schilddrüsenlappen er -
fordert die Aufteilung des Gesamtorgans in den
rechten und linken Lappen.

Das bereits beschriebene Verfahren von SCHOPKA ⁵⁶
(1970) erbringt bei der Auswertung von Schild -
drüsenszintigrammen keine befriedigenden Ergeb -
nisse.

In einer ersten Versuchsreihe wurden die Schild -
drüsenszintigramme nach der von HABERMEHL, JOSEPH,
EISENHAEUER ²⁶ (1971) entwickelten Methode aus -
gewertet. Dabei wird zwischen den Maxima der bei -
den Schilddrüsenlappen in y - Richtung die tiefste
Stelle der Datenmatrix gesucht, deren Zelle keine
Aktivität aufweist. Die dazugehörige Spalte des
Szintigrammes wird für alle weiteren Darstellungs -
arten als Mittellinie angenommen. Auch dieses
Verfahren führte bei bestimmten Veränderungen
der Schilddrüse zu einer fehlerhaften Bestimmung
der Mittellinie.

Da ein Organ wie die Schilddrüse, besonders wenn
es pathologische Veränderungen aufweist, sehr
formvariabel ist, werden die bereits beschriebenen
Arten der Mittellinienbestimmung nicht immer
anwendbar sein. In mehr als der Hälfte der Fälle

ist bereits an einer nicht krankhaft veränderten Schilddrüse ein kegelförmig ausgebildeter Lobus pyramidalis vorhanden, dessen Spitze in Richtung Zungenbein zieht. Bereits bei dieser Formvariante der Schilddrüse können die bisher beschriebenen Verfahren nicht erfolgreich angewendet werden.

2. Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Bestimmung der Mittellinie :

Wie bereits erwähnt, traten bei der Bestimmung der Mittellinie Schwierigkeiten auf. An Hand von Abb. 22 und Abb. 23, die schematisch eine normale und eine krankhaft veränderte Schilddrüse darstellen, sollen die verschiedenen Verfahren zur Bestimmung der Mittellinie erläutert werden.

Auf Abb. 22 erkennt man, daß sowohl das von SCHOPKA⁵⁶ (1970) als auch das von HABERMEHL, JOSEPH und EISENHÄUER²⁶ (1971) entwickelte Verfahren wegen des vorhandenen Lobus pyramidalis nicht erfolgreich angewendet werden kann.

Bei der in Abb. 23 schematisch dargestellten krankhaft veränderten Schilddrüse lassen sich beide Verfahren erfolgreich anwenden.

Mit Hilfe der Originalszintigramme wurde nun versucht, ein neues Verfahren zu entwickeln. Dabei fiel folgendes auf :

Bei der Betrachtung eines Schilddrüsenszintigrammes

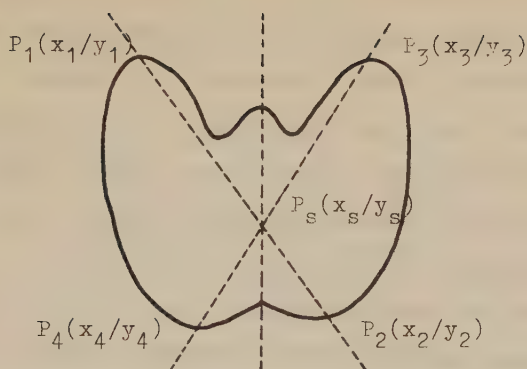


Abb. 22 Normale Schilddrüse mit eingezeichneten Diagonalen zur Bestimmung der Mittellinie

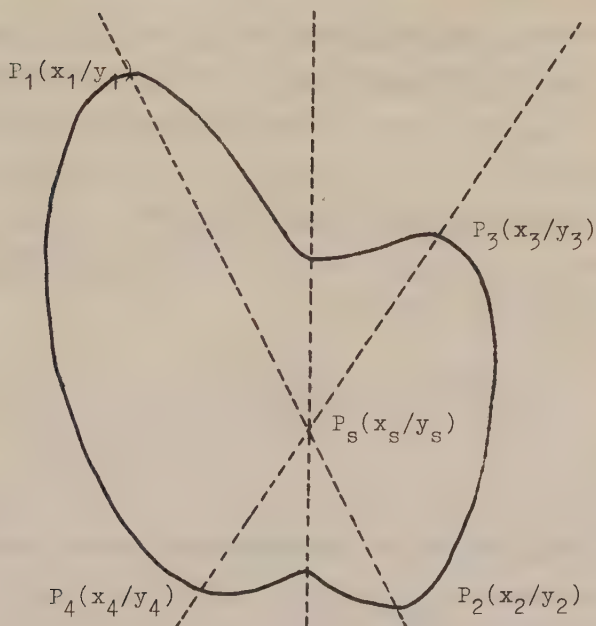


Abb. 23 Pathologisch veränderte Schilddrüse mit eingezeichneten Diagonalen zur Bestimmung der Mittellinie

fallen als markante Punkte die oberen und unteren Schilddrüsenpole sowie der Schilddrüsenisthmus auf. Es wurden nun der rechte obere mit dem linken unteren und der linke obere mit dem rechten unteren Schilddrüsenpol durch jeweils eine Gerade miteinander verbunden. Den Schilddrüsenpolen wurden die Bezeichnungen $P_1 (x_1 / y_1)$, $P_2 (x_2 / y_2)$, $P_3 (x_3 / y_3)$ und $P_4 (x_4 / y_4)$ zugeordnet. Die beiden Geraden, die durch die Punkte P_1 und P_2 sowie durch die Punkte P_3 und P_4 laufen, schneiden sich im Punkt $P_s (x_s / y_s)$. Die Senkrechte auf den Punkt P_s teilt die Schilddrüsenfläche in zwei Hälften. Diese Senkrechte entspricht der Mittellinie. Zur Bestimmung der Koordinaten des Punktes $P_s (x_s / y_s)$ sind folgende Rechenschritte notwendig :

Verläuft eine Gerade durch die Punkte $P_1 (x_1 / y_1)$ und $P_2 (x_2 / y_2)$, so gilt für die Gleichung der Geraden die Beziehung

$$y (I) = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x (I) - x_1).$$

Analog gilt für die Gleichung der Geraden durch die Punkte $P_3 (x_3 / y_3)$ und $P_4 (x_4 / y_4)$

$$y \text{ (II) } = y_3 + \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3} (x \text{ (II) } - x_3)$$

In vereinfachter Schreibweise gilt :

$$y \text{ (I) } = a_1 + b_1 x \text{ (I)}$$

$$y \text{ (II)} = a_2 + b_2 x \text{(II)}$$

Die Koordinate y_s des Schnittpunktes der beiden Geraden läßt sich nach folgender Formel be -
rechnen :

$$y_s = \frac{b_1 a_2 - b_2 a_1}{b_1 - b_2}$$

Mit Hilfe dieser Methode erhält man auch bei
starken Formvarianten der Schilddrüse eine richti -
ge Bestimmung der Mittellinie.

Das beschriebene Verfahren mußte nun in das
schon vorhandene Schilddrüsenauswerteprogramm
eingefügt werden.

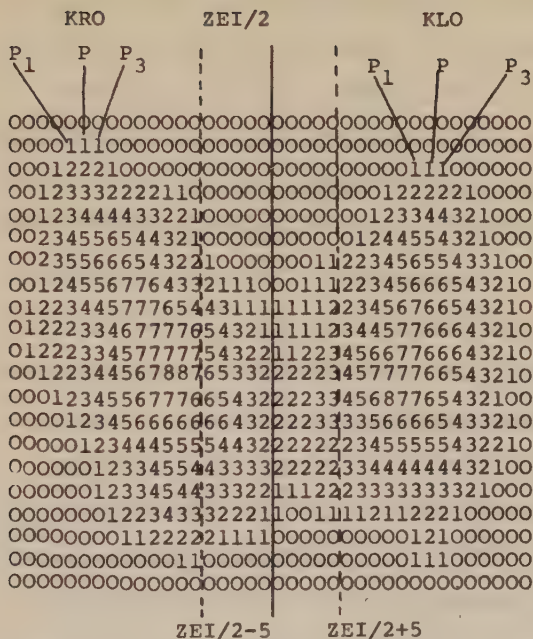
3. Einfügen des Verfahrens zur Bestimmung der
Mittellinie in das vorhandene Auswerteprogramm:

Der Ablauf des Programmes zur Bestimmung des Punktes KRO (Koordinate rechts oben) soll erläutert werden:

Die Bezeichnung der verschiedenen Punkte ist aus Abb.24 ersichtlich.

Um die Koordinate KRO zu ermitteln, muß zunächst der Schwellenwert W festgelegt werden. Den Schwellenwert erhält man, indem die maximale Impulsrate der Datenmatrix durch zehn (Anzahl der Aktivitätsstufen in Teil VI der Schnelldruckerausgaben) dividiert wird. Anschließend wird die Scanfläche in zwei Hälften geteilt. Die rechts und links angrenzenden fünf Zellen der Datenmatrix (ZEI/2-5) bis (ZEI/2+5) werden bei der Ermittlung der Koordinate KRO nicht berücksichtigt. Dadurch werden Fehlbestimmungen durch einen eventuell vorhandenen Lobus pyramidalis vermieden. Der Wert fünf wurde willkürlich festgelegt.

Die Gesamtscanfläche besteht aus I Spalten und J Zeilen. Es wird nun in Zeile 1 Zelle 1 beginnend geprüft, ob der Inhalt einer Zelle größer ist als der Schwellenwert W. Ist dies nicht der Fall, so wird in der nächsten Scanzeile in gleicher Weise verfahren. Das Verfahren wird



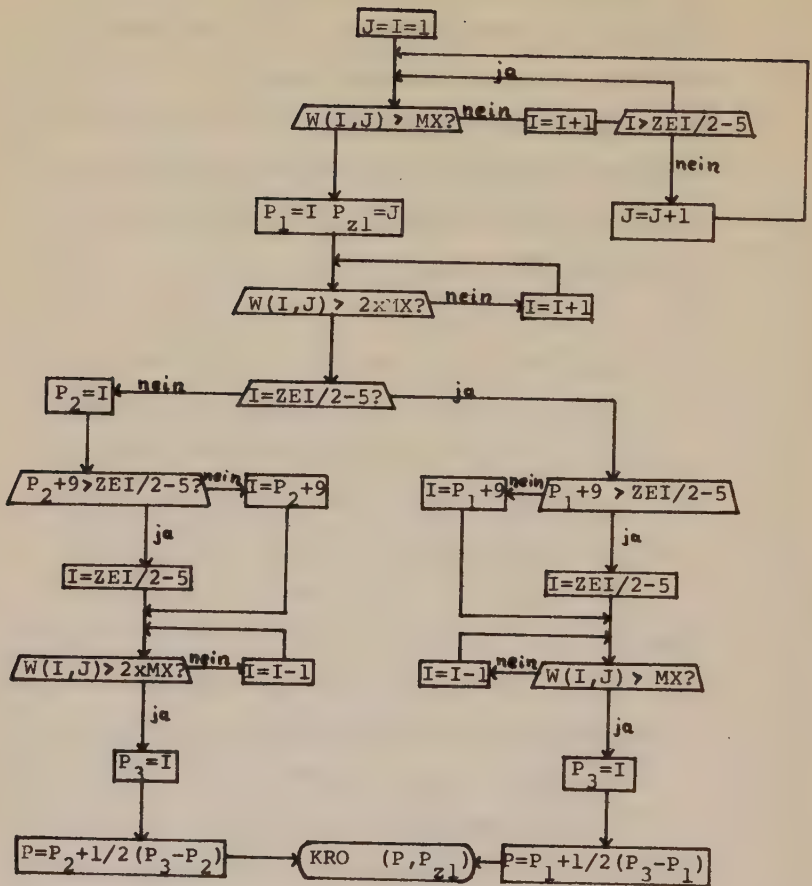
0	:	0	-	2	Impulse / Zelle
1	:	3	-	5	Impulse / Zelle
2	:	6	-	8	Impulse / Zelle
3	:	9	-	11	Impulse / Zelle
4	:	12	-	14	Impulse / Zelle
5	:	15	-	17	Impulse / Zelle
6	:	18	-	20	Impulse / Zelle
7	:	21	-	23	Impulse / Zelle
8	:	24	-	26	Impulse / Zelle
9	:	27	-	29	Impulse / Zelle

Abb. 24 Darstellung der absoluten Aktivität in zehn Stufen. Eintragung der zur Bestimmung der Mittellinie wichtigen Punkte

wiederholt, bis eine Zelle gefunden ist, deren Inhalt größer als der Schwellenwert W ist. Diese Zelle erhält die Bezeichnung P_1 . Als P_{z1} wird die dazugehörige Scanzeile bezeichnet. Anschließend wird geprüft, ob $P_1 + 9$ größer ist als $ZEI / 2 - 5$. Ist dies der Fall, so wird von der Zelle $I = ZEI / 2 - 5$ beginnend in umgekehrter Richtung geprüft, ob der Inhalt einer Zelle größer als der Schwellenwert W ist. Ist eine solche Zelle gefunden, so erhält diese Zelle die Bezeichnung P_3 . Der gesuchte Punkt P liegt nun genau in der Mitte der Punkte P_1 und P_3 . Für ihn gilt die Beziehung $P = P_1 + 1/2 (P_3 - P_1)$. Der Punkt P kann zwischen zwei Zellen liegen. Ist $P_1 + 9$ nicht größer als $ZEI / 2 - 5$, so wird von der Zelle $I = P_1 + 9$ aus mit der Suche des Punktes P_3 begonnen. Vorher wird geprüft, ob in der gleichen Scanzeile eine Zelle vorhanden ist, deren Inhalt größer als $2 \times MX$ ist. Dabei gilt für MX die Beziehung $MX = \text{Max. Impulszahl der Datenmatrixzellen} / 10$. Ist dies der Fall, so wird das oben beschriebene Verfahren auf die Zellen angewendet, deren Inhalt größer als $2 \times MX$ ist. Zellen deren Inhalt kleiner als $2 \times MX$ ist, werden nun nicht mehr mit berücksichtigt.

Die Koordinaten der Punkte KLO, KRU und KLU werden in ähnlicher Weise bestimmt. Abb.25 zeigt

das Blockdiagramm zur Bestimmung des Punktes KRO. Sind die Koordinaten der gesuchten Punkte bestimmt, wird mit Hilfe der Geradengleichungen der Schnittpunkt der Geraden und damit auch die Koordinate der Mitte bestimmt. Erst jetzt wird der berechnete Wert auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet



ZEI = Zeilenlänge

$W(I,J)$ = Inhalt der Datenmatrix an der Stelle (I,J)

MX = Maximale Impulszahl / 10

KRO = Koordinate rechts oben

Abb.25 Blockdiagramm zur Bestimmung des Punktes KRO

4. Vergleich der beiden Verfahren :

Wie bei der Ermittlung des Nulleffektes wurden auch bei der Bestimmung der Mittellinie 142 Schilddrüsenszintigramme ausgewertet. Die beiden Verfahren sollen an Hand einiger Beispiele gegen - übergestellt werden.

Abb. 26 und Abb. 27 zeigen das Schilddrüsenszinti-gramm einer 37 - jährigen Patientin. Bei dieser Frau wurde eine euthyreote Struma colli diffusa diagnostiziert. Auf den Abbildungen erkennt man, daß beide Schilddrüsenlappen gegenüber der Norm vergrößert sind. Die Form der Schilddrüse ist noch weitgehend erhalten. Ein Lobus pyramidalis, der die Auffindung der Mitte erschweren könnte, ist nicht vorhanden. Bei dieser Form der Schild - drüse führen sowohl das von HABERMEHL, JOSEPH und EISENHAUER als auch das neu entwickelte Ver - fahren zur richtigen Bestimmung des Nulleffektes und der Mittellinie.

In Abb. 28 und Abb. 29 erkennt man das Schild - drüsenszintigramm eines 66 - jährigen Patienten. Im Bereich des linken oberen Schilddrüsenpoles sieht man eine Aktivitätsanreicherung, bei der es sich um einen Knoten handelt. Der rechte Schilddrüsenlappen ist gegenüber der Norm er - heblich vergrößert. Der linke Schilddrüsenlappen ist nicht sicher abgrenzbar. Die Form der Schild -

73 9391A HAREHEHL 49080 ZRA HAMBURG 28.01.71 JJ

TEIL 2

DARSTELLUNG DER SCHILDDRÜSENFLÄCHE



,6 CM

Abb. 28 Fehlerhafte Bestimmung der Mittellinie
mit Hilfe des alten Verfahrens wegen
starker Formveränderung der Schilddrüse



1

Abb. 29 Richtige Bestimmung der Mittellinie mit
Hilfe des neu entwickelten Verfahrens

drüse ist stark verändert. Abb. 28 zeigt die Auswertung mit Hilfe des alten Verfahrens. Da der Isthmus der Schilddrüse durch die Knotenbildung im oberen Anteil des linken Schilddrüsenlappens verlagert ist, läßt sich durch " Aufsuchen der tiefsten leeren Zelle " die Mittellinie nicht richtig bestimmen. Mit Hilfe des neuen Verfahrens (Abb. 29) wird die Mittellinie trotz der starken Formveränderung der Schilddrüse richtig bestimmt. Abb. 30 und Abb. 31 zeigen das Schilddrüsenzintigramm eines 65 - jährigen Patienten. Man erkennt, daß der rechte Schilddrüsenlappen gegenüber der Norm vergrößert ist. Der Isthmus der Schilddrüse ist nicht zu erkennen. Der linke Schilddrüsenlappen ist geringfügig vergrößert. Das bisher benutzte Verfahren (Abb. 30) führt zur Fehlbestimmung der Mittellinie. Abb. 31 zeigt die Auswertung mit Hilfe des neuen Verfahrens. Die Mittellinie ist jetzt richtig bestimmt.

231 -592A J05+PH 22'39 7H MARBURG 24."b.7' 64

TEIL 2

DARSTELLUNG DER SCHILDDRÜSENFLÄCHE



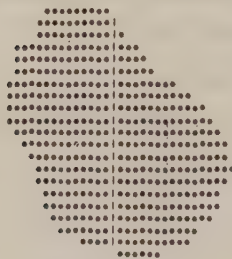
1 "H

Abb. 30 Fehlerhafte Bestimmung der Mittellinie

194 0720A CHNIST,K 71925 ZRA MARBURG 12.09.72 44

TEIL 2

DARSTELLUNG DER SCHILDDRÜSENFLÄCHE



16 CM

Abb. 31 Richtige Bestimmung der Mittellinie mit Hilfe des neu entwickelten Verfahrens

Zur Auswertung kamen 142 Schilddrüsenszintigramme. Zunächst wurde in 24 Fällen die Mittellinie nicht richtig bestimmt. Die Fehlbestimmungen wurden häufig durch starke Formveränderungen der Schilddrüse verursacht. Bei der Bestimmung der Mittellinie mit Hilfe der Diagonalen traten keine Schwierigkeiten auf. Nur in einem Fall konnte die Mittellinie nicht richtig bestimmt werden. Als Ursache dafür ist die Überlagerung der oberen Schilddrüsenpole durch die Unterkieferspeicheldrüsen anzusehen. Dieser Fall wurde bereits bei der Bestimmung des Nulleffektes (Abb. 18 und Abb. 19) besprochen.

Nachdem nun die Mittellinie der Schilddrüse richtig bestimmt werden kann, können alle im Auswerteprogramm ermittelten Größen für den rechten und linken Schilddrüsenlappen getrennt ausgegeben werden.

VI. Bestimmung des Organgewichtes aus dem Schild -
drüsenzintigramm :

1. Verfahren zur Gewichtsbestimmung der Schilddrüse:

Einige Formen der Hyperthyreose sowie verschiedene Schilddrüsenkarzinome werden unter bestimmten Bedingungen der Radiojodtherapie zugeführt.

Zur Dosierung der Radiojodmenge ist die Kenntnis des Gewichtes der gesamten Schilddrüse beziehungsweise des erkrankten Organabschnittes nötig.

Die einfachste Methode besteht in der Schätzung des Gewichtes auf Grund des Palpationsbefundes.

Diese Methode wurde von WERNER (in DOERING, KRAMER 1958 ¹⁷⁾ im Jahre 1948 angegeben. Das Verfahren liefert jedoch nur bei großer Erfahrung des Untersuchers annähernd richtige Werte. Die Methode ist nicht anwendbar, wenn die vergrößerte Schilddrüse retrosternal gelegene Anteile aufweist. Der Fehler bei der Gewichtsschätzung beträgt teilweise mehr als 100 Prozent. Man war daher bestrebt, bessere Verfahren zu entwickeln.

Nach Einführung der Szintigraphie suchten ALLEN und GOODWIN (1952) ¹ nach einer Beziehung zwischen Schilddrüsenfläche und Schilddrüsen - gewicht. Auf Grund der durchgeführten Untersuchungen an Leichenschilddrüsen kommen die Autoren zu der Überzeugung, daß die Zunahme der Dicke der Schilddrüse proportional der Zunahme der Höhe der Schild-

drüse erfolgt. Bei der Gewichtsbestimmung der Leichenschilddrüsen sowie der Flächen- und Höhenbestimmung fiel auf, daß der Quotient aus dem Gewicht der Schilddrüse (G) und dem Produkt von Schilddrüsenfläche (F) und Schilddrüsen - höhe (H) eine Konstante (K) ergibt.

$$K = \frac{G}{F \times H}$$

Dann gilt für das Gewicht der Schilddrüse :

$$G = F \times H \times K$$

Dabei wird bei Messung der Fläche in 1/4 - inch squares für K der Wert 0,125 angegeben. Wird die Fläche in Quadratzentimetern gemessen, so hat K den Wert 0,323.

$$G = F \times H \times 0,323$$

Bei zehn untersuchten Schilddrüsen wird von ALLEN und GOODWIN die Fehlerbreite dieser Methode mit 10,6 Prozent angegeben. Das Gewicht der untersuchten Schilddrüsen lag zwischen 10,5 und 125 Gramm.

In einer zweiten Versuchsreihe kamen die gleichen Autoren zu einer mittleren Fehlerbreite von 5,9 Prozent (GOODWIN, CASSEN, BAUER 1953) ¹⁸. 1957 und 1958 berichten DOERING und KRAMER ^{13,14,41} über Untersuchungen an 51 Leichenschilddrüsen. Das Gewicht dieser Schilddrüsen lag zwischen 8 und 125 Gramm. In einer ersten Untersuchungsreihe

kommen die Autoren zu dem Schluß, daß weder die Höhe noch die Dicke der Schilddrüse ein verlässliches Kriterium zur Gewichtsbestimmung der Schilddrüse darstellen. In ihren weiteren Untersuchungen gehen DOERING und KRAMER davon aus, daß die Schilddrüse unter ihrer frontalen Fläche überall die theoretische mittlere Dicke d und die Dichte ρ hat. Dann gilt für das Gewicht die Beziehung :

$$G = F \times d \times \rho \quad (1)$$

Die Größe d wird von den Autoren so gewählt, daß ρ den Wert 1 hat. Experimentell wurde für ρ der Wert 1,08 gefunden. Daraus ergibt sich

$$G = F \times d \quad (2)$$

Nach DOERING und KRAMER ist die Dicke d eine Funktion der Schilddrüsenfläche (F) .

$$d = k \times \sqrt{F}$$

In (2) eingesetzt gilt dann

$$G = k \times \sqrt{F^3}$$

Für k wird der Wert $0,326 \pm 0,04$ angegeben.

Ein eventuell vorhandener Lobus pyramidalis wird bei der Flächenbestimmung nicht berücksichtigt, da er das Schilddrüsengewicht falsch positiv beeinflussen soll. Der mittlere Fehler dieser Methode wird mit 12,4 Prozent angegeben.

In den folgenden Jahren werden mit Hilfe dieser Formeln auch von anderen Autoren entsprechende

Untersuchungen durchgeführt.

HOPPE und MEIßEL³⁷ versuchen 1965 mit Hilfe verschiedener Formeln, die den jeweiligen Veränderungen der Schilddrüse Rechnung tragen, das Schilddrüsengewicht zu ermitteln. Die Untersuchungen wurden an Schilddrüsenphantomen aus Plastilin durchgeführt. Es wurden die häufigsten Abweichungen (Adenome, kalte Knoten, diffuse Strumen, Teilresektionen, diffuse Strumen) modelliert und untersucht. Anschließend wurde die Oberfläche der Modelle mit Radiojod markiert und ein Szintigramm angefertigt.

Es wurden folgende Methoden miteinander verglichen :

$$(1) \quad G = k \times \sqrt{F^3}$$

Bei dieser Methode wird nur die planimetrisch ermittelte Fläche zur Gewichtsbestimmung herangezogen. Das zweite Verfahren gleicht der von ALLEN und GOODWIN¹ angegebenen Methode.

$$(2) \quad G = F \times h_m \times k$$

$$h_m = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

Es wird jedoch nicht die größte Höhe (h), sondern die mittlere Höhe (h_m), die sich aus den Höhen der beiden Schilddrüsenlappen bestimmen läßt, in die Formel zur Gewichtsbestimmung einbezogen.

Beim Vorliegen " heißer Knoten " gehen HOPPE und MEIßEL von der Vorstellung aus, daß diese Knoten Kugelform haben. Aus diesem Grund läßt sich dann das Gewicht des Knotens nach der Formel

$$G = 4/3\pi r^3 \times \rho$$

wobei für ρ das spezifische Gewicht der Schilddrüse einzusetzen ist.

Die Autoren kommen zu dem Schluß, daß man bei der Gewichtsbestimmung atypischer Schilddrüsenformen nicht mit einer Methode auskommt. Die geringsten Abweichungen wurden bei der Gewichtsbestimmung " heißer Knoten " beobachtet.

MYHILL ⁴⁹ (1965) und MALAMOS ⁴⁸ (1970) bestätigen in ihren Untersuchungen diese Ergebnisse.

2. Automatische Gewichtsbestimmung durch einen Computer mit Hilfe eines speziellen Auswerteprogrammes :

Aus den in der Literatur angegebenen Methoden zur Gewichtsbestimmung wurden für das Schilddrüsen - auswerteprogramm die von ALLEN und GOODWIN¹ sowie die von DOERING und KRAMER^{13,14,41} ausgewählt. Wie bereits berichtet, werden die zur Gewichts - bestimmung erforderlichen Größen in Teil III der Schnelldruckerausgaben ausgegeben. Da nach Ent - wicklung eines neuen Verfahrens auch die Mittel - linie richtig bestimmt werden kann, kann außer - dem das Gewicht jedes einzelnen Schilddrüsen - lappens bestimmt werden. Die Formeln zur Be - rechnung des Schilddrüsengewichtes lassen sich ohne Probleme in das bereits vorhandene Aus - werteprogramm einfügen, da die erforderlichen Größen in Teil III der Schnelldruckerausgaben ermittelt und ausgegeben werden. Der entsprechende Programmausschnitt ist im Anhang wiedergegeben. Die ermittelten Schilddrüsengewichte werden in Teil III Abschnitt II der Schnelldruckeraus - gaben (Abb. 8) ausgedruckt. Zur besseren Orientierung werden auch die Normalwerte an - gegeben.

3. Ergebnisse :

In der Versuchsreihe wurde für 36 Schilddrüsen das Gewicht nach der von ALLEN und GOODWIN sowie der von DOERING und KRAMER angegebenen Methode bestimmt. Für k wurde bei Verwendung der von DOERING und KRAMER angegebenen Methode der Wert 0,326 und bei der Methode von ALLEN und GOODWIN der Wert 0,323 eingesetzt. Die Größe k ist abhängig von den zur Aufnahme des Szintigrammes benutzten Geräten. In der Literatur werden für die Konstante k Werte angegeben, die zwischen 0,25 und 0,33 liegen. Beim Vergleich der nach verschiedenen Methoden errechneten Schilddrüsengewichte (Tabelle 1) fällt auf, daß die Methode von ALLEN und GOODWIN in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle zu einem höheren Gewicht führt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß ALLEN und GOODWIN bei der Gewichtsbestimmung im Gegensatz zu DOERING und KRAMER die Fläche eines eventuell vorhandenen Lobus pyramidalis mit berücksichtigen. Lediglich in zwei Fällen führt die Methode von ALLEN und GOODWIN zu einem niedrigeren Gewicht.

DOERING und KRAMER halten die von ALLEN und GOODWIN angegebene Methode unzweckmäßig, da bei der Gewichtsbestimmung außer der Fläche auch die Schilddrüsenlappenhöhe, die ebenfalls zur Flächenbestimmung benötigt wird, benutzt wird.

Zum Abschluß der Versuchsreihe wurde aus den nach beiden Verfahren berechneten Gewichten der Mittelwert bestimmt. Dieser Wert wird ebenfalls in Teil III der Schnelldruckerausgaben ausgedruckt.

Beim Vergleich der in der Literatur angegebenen Methoden fällt auf, daß die Fehlerbreite bei der Gewichtsbestimmung häufig recht hoch ist. Dies ist besonders dann der Fall, wenn starke Formveränderungen an der Schilddrüse vorliegen.

HOPPE und MEIßEL³⁷ berechnen daher das Gesamtgewicht der Schilddrüse aus Teilgewichten. Dabei wird zum Beispiel beim Vorliegen " heißer Knoten " die Formel $G = k \times \frac{4}{3}\pi r^3$ benutzt.

Zur Zeit läßt sich die Formel zur Gewichtsbestimmung " heißer Knoten " in das vorhandene Auswerteprogramm noch nicht einfügen, da die selbsttätige Erkennung dieser Bezirke noch nicht möglich ist. Darauf wird im nächsten Kapitel näher eingegangen.

Lfd. Nr.	Fläche (cm ²)	Gewicht nach		Abweichung in Prozent
		GOODWIN	DOERING	
2	66,10	201,26	175,18	+ 14,88
3	58,13	148,29	144,47	+ 2,64
4	30,39	67,53	54,62	+ 23,63
16	45,17	126,38	98,96	+ 27,70
17	51,50	146,22	120,49	+ 21,35
19	45,31	104,42	99,44	+ 5,00
20	23,04	42,66	36,05	+ 18,33
29	28,72	49,63	50,17	- 1,08
31	23,88	54,03	38,03	+ 42,07
32	80,04	257,88	233,43	+ 10,47
34	66,98	221,73	178,72	+ 24,06
36	26,18	49,52	43,67	+ 13,39
37	30,78	71,16	55,66	+ 27,84
39	69,22	209,34	187,75	+ 11,49
40	68,77	206,10	185,90	+ 10,89
42	76,23	258,53	216,53	+ 19,39
43	84,82	283,81	254,65	+ 11,45
44	81,99	278,46	242,04	+ 15,04
62	61,84	200,37	158,52	+ 26,40
68	42,58	106,89	90,59	+ 17,99
69	42,91	119,90	91,63	+ 30,86
75	36,67	83,66	69,45	+ 20,46
77	17,69	18,18	24,26	- 25,08
79	80,80	236,76	229,51	+ 3,07
82	72,25	231,88	200,20	+ 15,82

Lfd. Nr.	Fläche (cm ²)	Gewicht nach		Abweichung in Prozent
		GOODWIN	DOERING	
83	21,99	34,20	33,62	+ 1,72
90	36,65	92,00	72,34	+ 27,17
93	51,39	137,45	120,11	+ 14,43
94	40,61	98,25	84,36	+ 16,46
98	47,60	114,18	107,05	+ 6,66
101	38,73	82,86	78,57	+ 5,46
102	53,72	150,32	128,37	+ 17,09
106	68,24	207,80	183,79	+ 13,06
107	77,79	253,13	223,68	+ 13,16
109	34,10	77,18	64,93	+ 18,86
110	54,71	153,06	131,90	+ 16,04

Tabelle 1 : Zusammenstellung der Schilddrüsengewichte

VII. Vorschläge zur Weiterentwicklung des Programmes:

Nach Beseitigung der Schwierigkeiten bei der Ermittlung des Nulleffektes und der Bestimmung der Mittellinie sollen nun Möglichkeiten aufgezeigt werden, die automatische Auswertung der Schilddrüsenszintigramme noch weiter zu verbessern.

1. Bisher existiert ein Auswerteprogramm, daß selbst tätig Aussagen über die Größe der Schilddrüse machen kann. Die mit Hilfe des Programmes ermittelten Parameter wie Gesamtspeicherung, spezifische Speicherung und spezifisch bezogene Speicherung (Teil III der Schnelldruckerausgaben) haben zur Zeit noch keinen diagnostischen Wert.

Es müßte nun geprüft werden, ob zwischen den verschiedenen Funktionslagen der Schilddrüse und diesen Werten ein signifikanter Zusammenhang besteht. Es müßten zunächst Untersuchungen an normalen Schilddrüsen durchgeführt werden.

Die Bestimmung der Normalwerte konnte in der bereits durchgeführten Untersuchungsreihe nicht erfolgen, da in der Schilddrüsensprechstunde fast ausschließlich Patienten mit pathologischen Veränderungen der Schilddrüse untersucht wurden.

2. Die automatische Erkennung von " kalten " und " heißen " Knoten ist mit dem bisher benutzten Auswerteprogramm nicht möglich. Mit Hilfe des bereits beim On - line - Betrieb beschriebenen

Auswerteprogrammes SISO können Schnitte durch die einzelnen Zeilen des Szintigrammes gelegt werden. Legt man durch eine nicht krankhaft veränderte Schilddrüse einen Schnitt in Höhe des Isthmus und zeichnet den Aktivitätsverlauf auf, so erhält man einen Kurvenzug mit zwei Maxima und einem Minimum. Ein solcher Kurvenzug ist in Abb.32 schematisch dargestellt. Befindet sich in einem der Schilddrüsenlappen ein " heißer " Knoten, so erhält man eine Aktivitätsverteilung, wie sie in Abb. 33 dargestellt ist. Das Aktivitätsverteilungsmuster beim Vorliegen eines " kalten " Knotens zeigt Abb. 34. Um solche Bezirke nicht zu übersehen, müssen die Schnitte durch die Schilddrüse ausreichend dicht gelegt werden. Welcher Aktivitätsanstieg beziehungsweise welcher Aktivitätsabfall innerhalb eines Kurvenzuges einem " heißen " beziehungsweise " kaltem " Knoten entspricht, ist noch zu prüfen.

3. Besteht die Möglichkeit solche Knoten automatisch zu erkennen, kann anschließend die Lage und Größe innerhalb der Schilddrüse angegeben werden. Ist die Größe eines solchen Knotens bekannt, so kann mit Hilfe der bereits beschriebenen Formel $G = k \times \frac{4}{3}\pi r^3$ auch das Gewicht bestimmt werden.

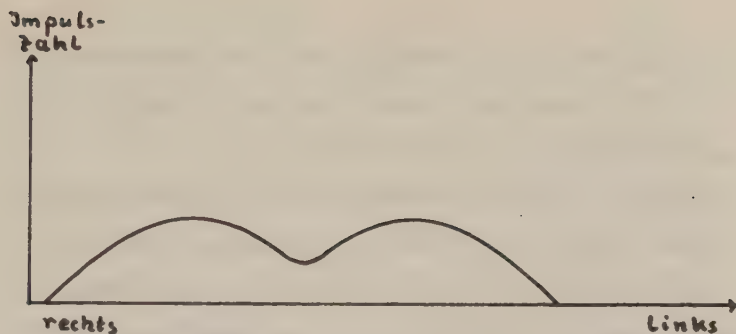


Abb. 32 Aktivitätsverteilung bei einer gesunden Schilddrüse (Horizontalschnitt in Höhe des Isthmus)

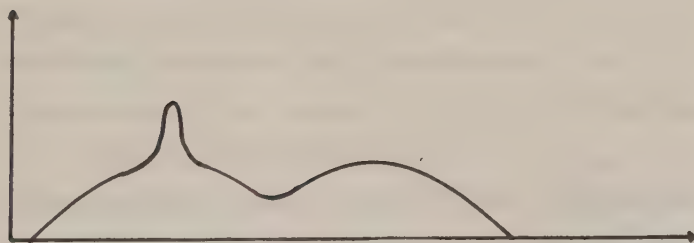


Abb. 33 Aktivitätsverteilung bei einem " heißen " Knoten im rechten Schilddrüsenlappen

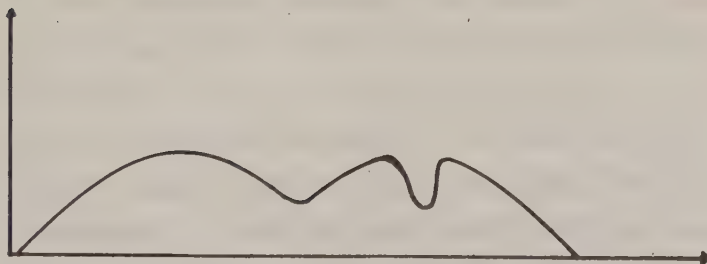


Abb. 34 Aktivitätsverteilung bei einem " kalten " Knoten im linken Schilddrüsenlappen

4. Zur Zeit werden die Untersuchungen der Schilddrüse mit Hilfe einer ANGER-Kamera, an die ein Rechner angeschlossen ist, durchgeführt.

Der Picker - Magna - Scanner V besitzt einen beweglichen Detektor, der die zu untersuchende Körperregion mäanderförmig abfährt und die Aktivität des apolizierten Nuklids mißt. Im Gegensatz dazu wird bei der ANGER-Kamera ein feststehender Detektor benutzt. Dieser Detektor registriert simultan die Aktivitätshöhe im gesamten Beobachtungsbereich und stellt sie lokalisationsrichtig auf einem Oszillosgraphenschirm dar. Dadurch kann die Untersuchungszeit wesentlich verkürzt werden. Mit Hilfe der ANGER-Kamera können außerdem Aussagen über den Funktionszustand der Schilddrüse gemacht werden, indem in Abständen von beispielsweise fünf Sekunden die Aktivität gemessen und graphisch dargestellt wird. Man erhält so Zeitfunktionskurven (time function). Zwanzig Minuten nach Injektion des 99^{mTc} erfolgt die Untersuchung der Schilddrüse. Die anfallenden Meßdaten werden auf Magnetband gespeichert. Nach Speicherung der Daten kann der Scan in verschiedener Hinsicht manipuliert werden. Die Darstellung erfolgt auf einem Sichtgerät mit 64×64 Bildpunkten. Mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Anlage können in ausgewählten Bezirken (regions of interest) Anzahl der Zellen, Gesamtimpulszahl und Impulszahl pro Zelle bestimmt werden.

So wird zum Beispiel zur Bestimmung der Untergrundaktivität ein Bezirk ausgewählt, der mit Sicherheit außerhalb der Schilddrüse liegt. Die Größe dieses Bezirkes kann variiert werden. Anschließend werden die Anzahl der Zellen, die Gesamtspeicherung und die Speicherung pro Zelle ermittelt. Die so errechnete Impulszahl pro Zelle wird als Nulleffekt definiert. Diese Impulszahl wird anschließend von allen Elementen der Datenmatrix subtrahiert.

Diese Art der Nulleffektbestimmung ähnelt der bereits beschriebenen Methode, bei der mit Hilfe der Impulszahl in vier festgelegten Bezirken der Gesamtfläche der Nulleffekt bestimmt wird.

Der wesentliche Unterschied der beiden Verfahren besteht darin, daß der Bezirk zur Bestimmung des Nulleffektes vom Untersucher erst festgelegt werden muß, während bei der in dieser Arbeit beschriebenen Methode der Bezirk bereits vor der Auswertung festgelegt ist.

Mit Hilfe der ANGER-Kamera und des angeschlossenen Rechners besteht die Möglichkeit, interessante Teilbereiche der Schilddrüse auszublenden und sie genauer zu analysieren. Dazu gehören zum Beispiel " heiße " und " kalte " Knoten in der Schilddrüse. Durch den angeschlossenen Rechner ist die Information des Scans verlustfrei gespeichert. Anschließend können dynamische und statische Studien durchgeführt werden.

Die Bedienung der Anlage ist relativ einfach. Besondere Programmierungskenntnisse sind nicht erforderlich. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Auswertung der gewonnenen Information nur wenig Zeit in Anspruch nimmt.

Spezialdarstellungen der Schilddrüse, wie sie in der vorliegenden Arbeit beschrieben wurden, können jedoch nicht durchgeführt werden.

Abschließend läßt sich sagen, daß der Einsatz datenverarbeitender Anlagen zu einer wesentlichen Erleichterung in der nuklearmedizinischen Diagnostik geführt hat.

VIII. Zusammenfassung :

Bei der Auswertung von 169 Schilddrüsenszintigrammen wurde ein neues Verfahren erprobt. Es wurden die während eines in üblicher Weise ablaufenden Szintigrammes anfallenden Meßdaten über Interface - Elektroniken dem Digitalrechner PDP 8 / S eingegeben. Die Meßwerte des Szintigrammes können zusätzlich auf Lochstreifen ausgegeben werden. Das Szintigramm kann anschließend nach Übernahme aller Meßdaten in verschiedener Hinsicht ausgewertet werden.

Die Auswertung kann sowohl im On - line - Betrieb mit dem Digitalrechner PDP 8 / S als auch im Off - line - Betrieb mit Hilfe des Großrechners TR 4 erfolgen. Beim On - line - Betrieb kann das Szintigramm in verschiedenen Darstellungsarten auf einem Sichtgerät betrachtet werden.

Bei der Auswertung im Off - line - Betrieb in der Rechenanlage TR 4 wird ein Satz Schnelldruckerausgaben erstellt. Der Satz Schnelldruckerausgaben besteht aus sieben Teilen :

1. Titelseite mit Patientendaten
2. Übersichtsdarstellung der Schilddrüse
3. Darstellung der Schilddrüsenfläche mit der Mittellinie
4. Ausgabe aller wichtigen Szintigrammdaten
5. Schwellendarstellungen der Schilddrüse

6. Spezialdarstellung des Gesamtorgans

7. Darstellung der Aktivität in zehn Stufen.

Bei dem Verfahren ergaben sich zunächst Schwierigkeiten bei der Ermittlung des Nulleffektes und der Bestimmung der Mittellinie. Sie konnten mit Hilfe neu entwickelter Methoden beseitigt werden.

Zur Bestimmung des Nulleffektes wird die Gesamtimpulszahl in vier ausgewählten Bezirken, die insgesamt 196 Zellen enthalten, errechnet. Daraus wird der Mittelwert der Aktivität pro Zelle bestimmt. Dieser Wert wird als Nulleffekt definiert. Der Nulleffekt wird von allen Elementen der Datenmatrix subtrahiert.

Zur Bestimmung der Mittellinie werden zunächst der rechte obere und untere sowie der linke obere und untere Schilddrüsenpol ermittelt. Anschließend werden der rechte obere mit dem linken unteren und der linke obere mit dem rechten unteren Schilddrüsenpol durch je eine Gerade verbunden. Der Schnittpunkt dieser beiden Geraden ergibt die Koordinate der Mitte.

Bei Anwendung des bisher benutzten Verfahrens wurde bei der Bestimmung des Nulleffektes in 23 Fällen der Nulleffekt falsch bestimmt. Nach Anwendung der neuen Methode kam es lediglich in drei Fällen zu einer Fehlbestimmung.

Bei der Bestimmung der Mittellinie wurde diese mit

Hilfe des alten Verfahrens in 24 Fällen nicht richtig ermittelt. Nach Anwendung der neuen Methode wurde die Mittellinie nur in einem Fall falsch bestimmt.

Das Schilddrüsengewicht wird nach der von ALLEN und GOODWIN sowie der von DOERING und KRAMER angegebenen Methode berechnet. Die Ergebnisse werden miteinander verglichen.

Die beschriebene Anlage und die neu entwickelten Methoden ermöglichen es, die während der Aufnahme eines Szintigrammes gewonnene Information verlustfrei aufzuzeichnen, optimal auszuwerten und die Lesbarkeit des Szintigrammes zu verbessern.

Es werden Anregungen gegeben, die eine weitere Verbesserung des Auswerteprogrammes ermöglichen.

IX. Literaturverzeichnis :

- 1.) ALLEN, C.H., W.E. GOODWIN
The Scintillation Counter as an Instrument
for In Vivo Determination of Thyroid Weight.
Radiology 58, 68 - 79 (1952)
- 2.) ANGER, H.O.
Scintillation Camera
Rev. Sci. Instrum. 29, 27 (1958)
- 3.) ANGER, H.O., D.J. ROSENTHAL
Scintillation Camera and Positron Camera
Medical Radioisotope Scanning 59
IAEA, Vienna 1959
- 4.) BENDER, M.A., M. BLAU
Autofluoroscopy : The use of a nonscanning
device for Tumor localization with
radioisotopes.
J. Nucl. Med. 1, 105 (1960)
- 5.) BÖRNER, W., E. MOLL, H. BAYER
Schilddrüsenszintigraphie mit Technetium ^{99m}
Med. Welt 21, 1151 - 1155 (1965)
- 6.) BÖRNER, W., E. MOLL
Die Kernspeicherszintigraphie
Röfo 105, 108 - 113 (1966)
- 7.) BROWN, D.W.
Digital Computer Analysis and Display of the
Radioisotope Scan
J. Nucl. Med. 5, 802 - 806 (1964)
- 8.) CASSEN, B., L. CURTIS, C. READ, R. LIBBY
Instrumentation for J - 131 Use in Medical
Studies
Nucleonics 9, 446 (1951)
- 9.) CHARKES, N.D.
Three - Dimensional Radionuclide Stereoscinti-
photography
Radiology 98, 335 - 338 (1971)

- 10.) CHARLESTON, D.B., R.N. BECK, P.EIDELBERG,
M.W. SCHAH
Medical Radioisotope Scanning
IAEA Vol. 1, 209 (1964)
- 11.) DEGROSSI, O., H. GOTTA, A. OLIVARI,
V. PECORINI
Possibilities of using 99^{m}Tc in place of
radioiodine in thyroid function studies.
J. Nucl. Med. 4, 383 - 390 (1965)
- 12.) DOERING, P.
Die Messung der Jodspeicherung in der mensch-
lichen Schilddrüse nach Gabe von Radiojod.
Klin. Wschr. 31, 837 - 845 (1956)
- 13.) DOERING, P.
Gewichtsbestimmung der menschlichen Schild -
drüse mit der Szintigraphie
Klin. Wschr. 35, 944 - 945 (1957)
- 14.) DOERING, P., K. KRAMER
Die Bestimmung des Schilddrüsengewichtes
mit der Szintigraphie nach Gabe von
Radiojod
Strahlentherapie 105, 245 - 259 (1958)
- 15.) EISENHAUER, P., A. HABERMEHL, K. JOSEPH,
E.H. GRAUL
Anschluß und On - line - Betrieb eines
Szintiscanners an einem Digitalrechner
Meth. Inform. Med. Vol. 8, Nr.3 (1969)
- 16.) EMRICH, D.
Nuklearmedizin
Thieme Verlag 1971
- 17.) EVANS, M.R., J.W. SWEENEY
A Computer Technique for Investigating the
Rationalization of Scintillation Scan
Reading
Meth. Inform. Med. 6, 24 - 27 (1967)

- 18.) GOODWIN, W.E., B. CASSEN, F.K. BAUER
Thyroid Gland Weight Determination from
Thyroid Scintigrams with Postmortem
Verification
Radiology 61, 88 - 92 (1953)
- 19.) HAAS, J.P., K.J. SCHMIDT, R.E. WOLF
Vergleichende szintigraphische Untersuchungen
der Schilddrüse mit Na ^{131}J und $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -
Pertechnetat
In : Radioisotope in der Lokalisations -
diagnostik
F.K. Schattauer (1967)
- 20.) HABERMEHL, A., K. JOSEPH, P. EISENHAUER,
E.H. GRAUL
Verbesserung der Lesbarkeit von Szinti -
grammen durch Verarbeitung der Datenmatrix
mit einem Digitalrechner
Tag. Ges. Nuklearmedizin Zürich (1969)
- 21.) HABERMEHL, A., K. JOSEPH, P. EISENHAUER,
E.H. GRAUL
Anschluß und On - line - Betrieb eines
Scintiscanners an einem Digitalrechner
Meth. Inform. Med. 4, 205 - 209 (1969)
- 22.) HABERMEHL, A., P. EISENHAUER, K. JOSEPH,
E.H. GRAUL
Anschluß und On - line - Betrieb eines
Szintiscanners an einem Digitalrechner
Meth. Inform. Med. 4, 209 - 214 (1969)
- 23.) HABERMEHL, A., P. EISENHAUER, K. JOSEPH,
E.H. GRAUL
Einsatz eines Computers zur Aufnahme und
Ausgabesteuerung von Szintigrammen
Elektromedizin 15, 15 - 25 (1970)

- 24.) HABERMEHL, A., P. EISENHAUER, E.H. GRAUL
Verarbeitung und Darstellung von Szinti -
grammen durch eine EDV - Anlage
EDV in Biologie und Medizin 2, 36 -42 (1970)
- 25.) HABERMEHL, A., P. EISENHAUER, K. JOSEPH,
E.H. GRAUL
Ein Computerprogramm zur quantitativen
Auswertung von Schilddrüsenszintigrammen
Tag. Ges. Nuklearmedizin Hannover 1970
- 26.) HABERMEHL, A., P. EISENHAUER, K. JOSEPH
Quantitative Auswertung von Schilddrüsen -
szintigrammen durch einen Computer
Röfo 115, 1 - 13 (1971)
- 27.) HAMILTON, J.G.
Amer. J. Physiol. 124, 667 (1938)
- 28.) HAMILTON, J.G., M.H. SOLEY
Amer. J. Physiol. 131, 135 (1940)
- 29.) HAMILTON, J.G., I.H. LAWRENCE
J. Clin. Invest. 21, 624 -632 (1942)
- 30.) HARPER, P.V., R. BECK, D. CHARLESTON,
K. LATHROP
Optimization of a Scanning Method Using
99 mTc
Nucleonics 22, 50 - 54 (1964)
- 31.) HEISS, W.D., P. PROSENZ, H. TSCHABITSCHER
Die Auswertung von Gamma - Kamera - Szinti -
grammen durch Vielkanalspeicher, Computer
und Farbfernsehsystem
Röfo 110, 108 - 116 (1968)
- 32.) HERTZ, S., A. ROBERTS, R.D. EVANS
Proc. Soc. Exper. Biol. a. Med. 38, 510 (1938)
- 33.) HEVESY, G. VON
Chem. News 108, 166 (1913)

- 34.) HIMANKA, E., L.G. LARSSON
Estimation of Thyroid Volume : Anatomic
Study of Correlation between frontal
Silhouette and Volume of the Gland
Acta Radiol. 43, 125 - 131 (1955)
- 35.) HINE, G.I.
J. Nucl. Med. 4, 439 (1963)
- 36.) HÖFER, R., A. KOZAK, A. ROSZUCZKY
Digitale Informationswiedergabe in der
szintigraphischen Tumordiagnostik
In : Computer in der Medizin S. 238 - 251
Verlag Gebrüder Hollinek Wien 1968
- 37.) HOPPE, G., P. MEIßEL
Vergleichende Untersuchungen zur Gewichts -
bestimmung der Schilddrüse aus dem Scanner -
bild
Röfo 103, 81 - 90 (1965)
- 38.) HUNDESHAGEN, H.
Isotopen - Lokalisationsdiagnostik mittels
eines Magnetband - Magnetkernspeicher -
Systems
In : Radio - Isotope in der Lokalisations -
diagnostik
F.K. Schattauer Stuttgart 1967
- 39.) HUNDESHAGEN, H.
Die szintigraphische Lokalisationsdiag -
nostik mittels eines Magnetband - Magnet -
kernspeichers
Röfo 106, 56 - 61 (1967)
- 40.) KAKEHI, H., U. ARIMIZA, G. UCHIGAMA
Progress a. Medical Radioisotope Scanning
UAE Symposium Series Nr. 1 S. 111
Oak Ridge 1962

- 41.) KRAMER, K.
Bestimmung von Schilddrüsengröße und Gewicht
beim Menschen mit Hilfe der Szintigraphie
nach Gabe von Radiojod, ein Beitrag zur
Dosierung des Isotops
Inauguraldissertation Göttingen 1957
- 42.) KUBA, J., P. KNOLL, V. HUSAK, M. WIEDER -
MANN, O. CHARAMZA
Technetium ^{99m}Tc in der Diagnostik von
Schilddrüsenenerkrankungen
Röfo 105, 84 - 91 (1966)
- 43.) LAUGHLIN, J.S., P.J. KENNY, K.R. COREY,
E. GREENBERG, D.A. WEBER
Localization and Total Body High - Energy
Gamma - Ray Scanning Studies in Cancer
Patients
In : Radio - Isotope in der Lokalisations -
diagnostik S. 253 - 272
F.K. Schattauer Stuttgart 1967
- 44.) MACINTYRE, W.J., T.S. HOUSER
Amer. J. Roentgenol, 77, 471 (1957)
- 45.) MACINTYRE, W.J., J.H. CHRISTIE, G.S. CURTIS
Computer Representation of Three -
Dimensional Radioisotope Scanning Data
J. Nucl. Med. 8, 288 - 289 (1967)
- 46.) MACINTYRE, W.J., J.H. CHRISTIE, G.S. CURTIS
Three - Dimensional Computer Read - out
of Radioisotope Scan Data
Radiology 90, 22 - 26 (1968)
- 47.) MAILAND, J.R., C.I. PEACHY
Brit. J. Radiol. 32, 652 (1959)
- 48.) MALAMOS, B., A.G. VAGENAKIS, P.G. PANDOS,
P.D. PAPAPETROU, J. SPONTOURIS, DIAI KOUTRAS
Comparison of Scanning and Palpation in the
Assessment of the Weight of Thyroid Gland
Endokrinologie 56, 232 - 240 (1970)

- 49.) MYHILL, J., T.S. REEVE, P.M. FIGGIS
Measurement of the Mass of the Thyroid
Gland in Vivo
Amer. J. Roentgenol. 94, 828 - 836 (1965)
- 50.) NITSCHKE, W.
Elektronische Datenverarbeitung
Med. Welt 21, 281 - 290, 334 - 340 (1970)
- 51.) OBERDISSE, K., E. KLEIN
Die Krankheiten der Schilddrüse
Thieme Verlag Stuttgart 1967
- 52.) OESER, H., H. ERNST, K. RACH
Farbszintigraphie
Röfo 101, 640 - 644 (1964)
- 53.) REICHERTZ, P., C. WINKLER, G. KLOSS
Computer - Diagnostik von Schilddrüsen -
erkrankungen
Dtsch. Med. Wschr. 52, 2317 - 2321 (1965)
- 54.) REICHERTZ, P., C. WINKLER, G. KLOSS
Computer in der ärztlichen Diagnostik
Erfahrungen bei Schilddrüsenerkrankungen
Verh. Dtsch. Inn. Med. 72, 417 - 424 (1966)
- 55.) SCHEPERS, H., C. WINKLER
An Automatic Scanning System, Using a Tape
Perforator and Computer Techniques
In : Medical Radioisotope Scanning Vol I
pp 321 - 330 (IAEA, Wien 1964)
- 56.) SCHOPKA, H.J., H. EBERLE, F.J. ROTH,
H. MANEGOLD, W. HELLRIEGEL
Computerprogramme zur Auswertung von
Perfusions - Lungenszintigrammen
Tag. Ges. Nuklearmedizin Hannover 1970
Mitteilung 52
- 57.) SETÄLÄ, K.
Herstellung von dreidimensionalen Scans
Strahlentherapie 135, 422 - 427 (1968)

- 58.) SPARCHEZ, T.
Medical Radioisotope Scanning
IAEA Vol I S. 473
- 59.) SPRAWLS, P.
The Development and Analysis of a Computer
Method for the Interpretation of Radioiso -
tope Distribution Patterns
Ph. D. Dissertation, Clemson University,
1968, University Microfilms, Inc. Ann Arbor
- 60.) TAUXE, W.N., D.W. CHAAPEL, A.C. SPRAU
Contrast Enhancement of Scanning Procedures
by High - Speed Digital Computer
J. Nucl. Med. 7, 647 - 656 (1966)
- 61.) TAUXE, W.N.
Über die Auswertung von Radioisotop -
Szintigrammen durch Computer
Meth. Inform. Med. 2, 96 - 106 (1968)
- 62.) WEBER, P.M., I.A. JASKO, L.V. DOS REMEDIOS
Thyroid Scintiphotography in 1000 Patients :
Rational Use of ^{99m}Tc and ^{131}I Comounds
J. Nucl. Med. 12, 637 - 677 (1971)
- 63.) WEGELIN, C.
Schilddrüse
In : Handbuch der speziellen pathologischen
Anatomie und Histologie Band VIII
Springer Berlin 1926
- 64.) WINKEL, K. zum
Nuklearmedizin
Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York
1975
- 65.) WINKLER, C.
Computer Szintigraphie
Röfo Sonderband Kongress 1964 S. 59
- 66.) WINKLER, C.
Digitale Auswertung von Szintigrammen
F.K. Schattauer Stuttgart 1967

X. Anhang :

```
EMMA:
PRINT(' '
OUT(61)
OUT(39)
OUT(39))

SCHILD(GSCAN,ZEIZAH,ZEILAE,ZEIVOS,REBZES,LILAZ,MIZ,HELAZ,SULL,SUMI,SU
RL,IMI,MA,MI,MIPU);
MFAKT:=(ZEILAE*0.254)/8;
HMAXLI:=0;
HMINLI:=1000;
FOR J:=1 STEP 1 UNTIL IMI*DO
'BEGIN
IF HALJ LESS HMINLI THEN HMINLI:=HALJ;
IF HILJ GREATER HMAXLI THEN HMAXLI:=HILJ
END;
LAELI:=(HMAXLI-HMINLI)*0.453/MFAKT;
HMAXRE:=0;HMINRE:=1000;
FOR J:=IMI STEP 1 UNTIL ZEILAE*DO
'BEGIN
IF HALJ LESS HMINRE THEN HMINRE:=HALJ;
IF HILJ GREATER HMAXRE THEN HMAXRE:=HILJ
END;
LAERE:=(HMAXRE-HMINRE)*0.453/MFAKT;
```

```

*IF 'H I I L I' NOT GREATER 'H M I R E' THEN'
*BE G I N'
*IF 'H I A X L I' NOT GREATER 'H I A X R E' THEN'
L G E S I:=H I A X R E-H M I N L I
*E L S E'
L G E S I:=H I A X L I-H M I N L I
*E N D'
*E L S E'
*BE G I N'
*IF 'H I A X L I' NOT GREATER 'H M A X R E' THEN'
L G E S I:=H M A X R E-H M I N R E
*E L S E'
L G E S I:=H I A X L I-H M I N R E
*E N D'
L A E G E S I:=(L G E S I*0.453)/M F A K T;
*F O R 'K I=1' S T E P '1' U N T I L 'Z E I Z A H' 00'
*BE G I N'
*BE G I N'
J:=1;
I A C: J:=J+1;
*IF 'J' E Q U A L 'I M I' T H E N'
*BE G I N'
B R L K I:=I M I;
G O T O 'E V D'
*E N D'
*IF 'G B C A N E K, J' G R E A T E R '0' T H E N'
B R L K I:=J
*E L S E'
G O T O 'M A C;
E I D: 'E N D';
J:=Z E I L A E;
M A D: J:=J-1;
*IF 'J' E Q U A L 'I M I' T H E N'
*BE G I N'
B R R K I:=Z E I L A E-I M I;
G O T O 'E S'
*E N D'
*IF 'G B C A N E K, J' G R E A T E R '0' T H E N'
B R R K I:=Z E I L A E-J
*E L S E'
G O T O 'M A D;
E S: 'E N D';
B R L M I I:=I M I;
B R R M I I:=Z E I L A E-I M I;
*F O R 'K I=1' S T E P '1' U N T I L 'Z E I Z A H' 00'
*BE G I N'
*IF 'B R L K I' L E S S 'B R L M I N' T H E N'
B R L M I I:=B R L K I;
*IF 'B R R K I' L E S S 'B R R M I N' T H E N'
B R R M I I:=B R R K I
*E N D'
H L I L A I:=((I M I-B R L M I N)*0.254)/M F A K T;
H R E L A I:=((Z E I L A E-I M I-B R R M I N)*0.254)/M F A K T;
H F L L:=((L I L A Z+I I Z/2)*0.254*0.453/(M F A K T*M F A K T));

```

```

ERL:=(RELAZ*41Z/2)*0.254*0.453/(MFAKT*MFAKT);
FGE3:=ELL+ERL;
ELL:=3*ELL+(SUM1/2);
IRL:=3*IRL+(SUM1/2);
ISU1:=ILL+IRL;
X:=IRL/ELL;
Y:=ELL/ELL;
XY:=ISU1/FGE3;
MM:=(LAGRE+LABEL1)/2;
GEGDQ:=.323*FGE3*MM;
GEGDR:=.323*IRL*MM;
GEGDL:=.323*ELL*MM;
GEDDQ:=.326*SQRT(FGE3*POWER'3);
GEDDR:=.326*SQRT(IRL*POWER'3);
GEDDL:=.326*SQRT(ELL*POWER'3);
I:=0;
MAMA:I=I+1;
*IF MENGE(I) GREATER 9 THEN *GOTO MAMA;
MENJUK:=MENGE(I);
MAMI:I=I+1;
*IF MENGE(I) LESS 10 THEN
*BEGLI
MENJUK:=10*MENJUK+MENGE(I);
*GOTO MAMI
*END;

```

Herrn Prof. Dr. rer. nat. A. Habermehl und
Herrn Prof. Dr. med. K. Joseph danke ich für
die freundliche Überlassung des Themas sowie
für die Hilfe und Unterstützung bei der Ab-
fassung der Arbeit.

Herrn K. Christ danke ich für die Hilfe bei
der Erstellung des Auswerteprogrammes.

Frau Matwijuk danke ich für die Herstellung
der Abbildungen dieser Arbeit.

Dem Direktor des Institutes für Strahlen-
biologie und medizinische Isotopenanwendung,
Herrn Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. E.H. Graul,
danke ich für die Möglichkeit der Durchführung
dieser Arbeit.

Lebenslauf :

Am 6. April 1945 wurde ich als Sohn des Vermessungstechnikers Heinrich Mönnich und dessen Ehefrau Hilde, geb. Käufler, in Kirchhain (früher Sindelsfeld) geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule Kirchhain wechselte ich 1955 zur Realschule in Kirchhain über und wurde 1957 in die Quarta des Aufbaugymnasiums Kirchhain aufgenommen. Am 11. Februar 1965 erhielt ich das Zeugnis der Reife. Im Sommersemester 1965 begann ich mit dem Medizinstudium an der Philipps - Universität Marburg /Lahn.

Die Naturwissenschaftliche Vorprüfung bestand ich am 28.10.1966, die Ärztliche Vorprüfung am 26.3. 1968. Nach dem 12. Fachsemester habe ich am 30.8. 1971 das medizinische Staatsexamen bestanden.

Während der einjährigen Medizinalassistentenzeit arbeitete ich je vier Monate im Tuberkulosekrankenhaus Sonnenblick Marburg, in der Chirurgischen Universitätsklinik und in der Medizinischen Universitätspoliklinik Marburg /Lahn.

Am 5.9.1972 erhielt ich die Approbation als Arzt. Am 1.9.1972 begann ich mit der Weiterbildung zum Facharzt für Chirurgie bei Herrn Prof. Dr. med. K. Hupe an der allgemein - chirurgischen Abteilung der Paracelsus - Klinik Marl. Vom 1.1.1975 bis 31.12.1975 war ich als Assistenzarzt im Unfallkrankenhaus " Bergmannsheil Buer " beschäftigt. Seit dem 1.1.1976 arbeite ich wieder in Marl bei Herrn Prof. Dr. med. K. Hupe.

Meine Akademischen Lehrer waren die Herren
Professoren und Dozenten an der Philipps -
Universität in Marburg :

Beckmann, Berendes, Brück, Buchholz, Dimroth,
Dittrich, Dölle, Exner, Ganz, Gedigk, Golen-
hofen, Graul, Hamelmann, Hardewig, Hensel,
Heuser, Hess, Hildebrandt, Hohorst, Hort,
Hupe, Jacob, Kaffarnik, Kamke, Karlson, Koch,
Koransky, Korb, Kreutz, Linneweh, Mahr, Mann,
Maroske, Martini, Petry, Pots, Rodeck, Roden-
häuser, Rupec, Schiff, Schleyer, Schlosser,
Schmid, Schmitz-Moormann, Schwaiger, Seidel,
Siegert, Straub, Vogt, Voss, Walcher, Witzel.

